

8079/US/H/00 ✓

TUGAS AKHIR

STUDI VISCOSITAS BITUMEN ASBUTON UNTUK PERKERASAN JALAN



PCS
625.75
500
5-1
1000

Disusun oleh :

S. Soelistyorini W.

3853100284

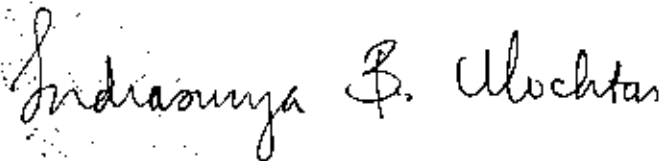
BIDANG STUDI PERHUBUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1990

TUGAS AKHIR

STUDI VISCOSITAS BITUMEN ASBUTON UNTUK PERKERASAN JALAN

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing



(Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.)

**BIDANG STUDI PERHUBUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1990**

Untuk yang tercinta :

Bapak, Ibu, dan Agus

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan puji syukur ke hadirat Allah swt yang telah memberikan rahmat,taufik dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

STUDI VISCOSITAS BITUMEN ASBUTON UNTUK PERKERASAN JALAN

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan untuk program sarjana di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan jurusan Teknik Sipil , Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Karena keterbatasan kemampuan kami sebagai manusia biasa, sehingga Tugas Akhir ini kami rasakan masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Dengan tersusunnya Tugas Akhir ini kami ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang diberikan kepada kami terutama kepada :

- 1.Bapak Ir.Indrasurya B. Mochtar Msc.PhD sebagai dosen pembimbing yang dengan rela hati meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan hingga selesainya Tugas Akhir ini.

2. Ibu Ir. Anggrahini Msc, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP - ITS

3. Bapak Ir. Harwijono D.S, selaku Dekan FTSP - ITS

4. Mr. Colin P Corne , sebagai Project Coordinator Central Quality Control & Monitoring Unit.

5. Mr. Edward M James , selaku Asphalt Materials and Production Engineer di Colin P Corne and Associates LTD (C P C)

6. Bapak Ir. Rachmat Agus, selaku kepala bagian Quality Control di C P C

7. Bapak Tisna, selaku Kepala Laboratorium di C P C

8. Seluruh Staf dan Karyawan C P C

9. Rekan - rekan mahasiswa dan semuanya saja yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Semoga amal baik dan budi beliau semua mendapatkan pahala dari Allah swt.

Akhir kata kami berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Pebruari 1990

Penyusun

S. Soelistyorini W. 3853100284

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	x
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	8
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	9
1.4 Metodologi Penelitian	10
BAB II : TEORI DASAR	
2.1 Asbuton	12
2.2 Prinsip Dasar Modifier Untuk Lasbutag	15
2.2.1 Fungsi Modifier	19
2.2.2 Pemilihan Modifier	20
2.3 Pedoman Dalam Campuran Lasbutag	24
2.3.1 Batasan Untuk Asbuton ..	24
2.3.2 Batasan Untuk Agregat..	25
2.3.3 Batasan Untuk B.O	27
2.3.4 Batasan Untuk Asmin	27
2.4 Analisa Regressi	31
2.4.1 Metoda kwadrat terkecil Untuk Pers. Empiris	31
2.4.2 Metoda kwadrat terkecil Untuk Pers. Non Linier..	33
BAB III : KEGIATAN PENELITIAN DI LABORATORIUM	
3.1 Umum	39
3.2 Persiapan Pembuatan Benda Uji .	39
3.2.1 Asbuton	39
3.2.2 Asphalt Minyak	40

3.3	Perencanaan Campuran	40
3.4	Pembuatan Benda Uji	41
3.4.1	Ketentuan Umum	41
3.4.2	Penamaan Benda Uji	42
3.5	Pelaksanaan Test Penetrasi	42
3.6	Pelaksanaan Test Viscositas ...	43
3.7	Pelaksanaan Thin Film Oven Test	43
BAB	IV : RINGKASAN HASIL - HASIL LABORATORIUM	
4.1	Hasil Pemeriksaan Material	44
4.2	Hasil Test Benda Uji.....	44
BAB	V : ANALISA HASIL TEST LABORATORIUM	
5.1	Bunker Oil dan Bit. Asbuton	58
5.2	Bunker Oil, Bit. Asbuton, dan Asmin	62
5.3	Analisa Viscositas	80
5.4	Perumusan Viscositas	94
BAB	VI : KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1	Kesimpulan	97
6.2	Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	101
LAMPIRAN		
LAMPIRAN 1	Data Hasil Test Viscositas.....	103
LAMPIRAN 2	Data Hasil Lost On Heating.....	119
LAMPIRAN 3	Data Hasil a dan b Untuk $T = 90^{\circ}\text{C}$	126
LAMPIRAN 4	Data Hasil a dan b Untuk $T = 135^{\circ}\text{C}$...	137

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 : Gradasi spesifikasi B Bina Marga	26
Tabel 2.2 : Bunker Oil (BO) spesifikasi Bina Marga	26
Tabel 4.1 : Hasil pemeriksaan Bitumen Asbuton	45
Tabel 4.2 : Hasil pemeriksaan asphalt minyak	45
Tabel 4.3 : Hasil test penetrasi BO + Bit. asbuton	48
Tabel 4.4 : Hasil test Viscositas BO + BA.	48
Tabel 4.5 : Hasil pemeriksaan LOH BO + BA.	49
Tabel 4.6 : Hasil test penetrasi B.O + B.A + Asmin	50
Tabel 4.7 : Hasil test Viscositas BO + BA + Asmin	51
Tabel 4.8 : Hasil pemeriksaan LOH dari BO+ BA + Asmin	53
Tabel 4.9 : Hasil pemeriksaan dengan adanya perbedaan temperatur pada waktu mixing.....	54

Tabel 5.1 : Harga a dan b pada campuran B.O + B.A	63
Tabel 5.2 : Harga a dan b campuran 10 : 90	67
Tabel 5.3 : Harga a dan b campuran 20 : 80	70
Tabel 5.4 : Harga a dan b campuran 30 : 70	73
Tabel 5.5 : Harga a dan b campuran 40 : 60	76
Tabel 5.6 : Harga a dan b campuran 50 : 50	79
Tabel 5.7 : Harga a dan b pada $T = 90^{\circ}\text{C}$..	86
Tabel 5.8 : Harga a dan b pada $T = 135^{\circ}\text{C}$.	87

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 : Pengaruh Thin Film Oven Test pada sifat campuran B.O dan Bitumen Asbuton	28
Gambar 2.2 : Pengaruh kadar asphalt min- yak pada Retained Stabilitas	30
Gambar 5.1 : Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A sebelum TFO.....	60
Gambar 5.2 : Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A setelah TFO	61
Gambar 5.3 : Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 10 : 90 , sebelum TFO	65

Gambar 5.4	: Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 10 : 90 , setelah TFO	66
Gambar 5.5	: Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 20 : 80 , sebelum TFO	68
Gambar 5.6	: Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 20 : 80 , setelah TFO	69
Gambar 5.7	: Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 30 : 70 , sebelum TFO	71

Gambar 5.8	: Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 30 : 70 , setelah TFO	72
Gambar 5.9	: Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 40 : 60 , sebelum TFO	74
Gambar 5.10	: Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 40 : 60 , setelah TFO	75
Gambar 5.11	: Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 50 : 50 , sebelum TFO	77

Gambar 5.12 : Grafik hubungan Viscositas, Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B.O + B.A + Asmin , sample 50 : 50 , setelah TFO	78
Gambar 5.13 : Grafik hubungan Viscositas , B.O + B.A , Asmin pada suhu 30°C , sebelum TFO	82
Gambar 5.14 : Grafik hubungan Viscositas , B.O + B.A , Asmin pada suhu 90°C , setelah TFO	83
Gambar 5.15 : Grafik hubungan Viscositas , B.O + B.A , Asmin pada suhu 135°C, sebelum TFO	84
Gambar 5.16 : Grafik hubungan Viscositas , B.O + B.A , Asmin pada suhu 135°C, setelah TFO	85
Gambar 5.17 : Grafik hubungan harga b terhadap BD : BA , sebelum TFO pada suhu 30°C	89
Gambar 5.18 : Grafik hubungan harga b terhadap BD : BA , setelah TFO pada suhu 90°C	90

- Gambar 5.19 : Grafik hubungan harga b
terhadap $BQ : BA$, sebelum
TFO pada suhu $135^{\circ}C$ 91
- Gambar 5.20 : Grafik hubungan harga b
terhadap $BQ : BA$, setelah
TFO pada suhu $135^{\circ}C$ 92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Asbuton adalah aspal alam yang berasal dari pulau Buton (di selatan P.Sulawesi) dan merupakan salah satu hasil sumber daya alam Indonesia.

Bentuk asbuton aslinya tidak ada bedanya dengan batuan/gunung kapur, hanya warna asbuton pada umumnya hitam. Kadar bahan bitumen pada sumber-sumber quarry asbuton di P.Buton tersebut bervariasi sekitar 10 sampai 40 % dari berat batuan kapurnya. Pada kejadian alamnya, asbuton terjadi akibat adanya sumber minyak bumi. Karena peristiwa pergerakan kulit bumi, sumber minyak tersebut menyembul kepermukaan kulit bumi dan berada diantara lapisan batuan sedimen kapur (limestone). Melalui periode waktu yang panjang dan berlangsung secara alamiah dari minyak bumi. Yang tertinggal hanya fraksi padat yang berupa bahan bitumen dan sudah menyatu dengan batuan kapur setempat. Jadi asbuton pada pokoknya merupakan bahan bitumen dengan bahan kapur.

Saat ini Indonesia masih mengimpor aspal untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan jalan. Impor aspal ini dapat dikurangi apabila cadangan asbuton dapat dikembangkan untuk menghasilkan aspal yang digunakan untuk campuran perkerasan jalan.

Pada prinsipnya bahan bitumen asbuton dapat digunakan sebagai bahan perkerasan. Juga bahan mineral asbuton yang sebagian besar berupa batu kapur juga dapat digunakan sebagai bahan agregat perkerasan jalan raya. Hanya, umumnya perlu tambahan agregat kasar lain untuk pendukung beban lalu lintas.

Penggunaan asbuton sebagai bahan perkerasan jalan sudah dilakukan sejak tahun 1925 oleh Pemerintah Hindia Belanda. Konstruksinya mula-mula berbentuk lapisan asbuton murni (tanpa campuran agregat). Kemudian baru pada tahun 1957 di ruas jalan Cimindi - Padalarang , Jawa Barat , asbuton digunakan sebagai lapisan perkerasan bermutu tinggi dengan menambah campuran agregat, flux oil, dan aspal minyak, dan sistem campuran panas (hot-mix). Lapisan perkerasan tersebut dapat bertahan sampai belasan tahun.

Sampai saat ini dikenal empat (4) jenis sistem pencampuran asbuton sebagai bahan perkerasan, yaitu: NAHAS, NACAS, AHAS, dan ACAS.

Campuran NAHAS (Non Aggregated Hot Asbuton Sheet) adalah campuran antara asbuton dengan bahan-bahan modifier (untuk pengencer dan peremaja dari asbuton) yang mana pencampurannya dilakukan pada temperatur yang tinggi. Jadi diperlukan tambahan panas. Dalam campuran ini tidak ditambahkan agregat. Bahan agregat utama dari perkerasan adalah dari mineral asbuton sendiri.

Campuran NACAS (Non Aggregated Cold Asbuton Sheet) adalah campuran dengan bahan-bahan dasar serupa NAHAS, tanpa agregat hanya asbuton ditambah bahan modifier saja, yang mana pencampuran dilakukan pada suhu setempat dan tidak dilakukan pemanasan pada pencampuran.

Campuran AHAS (Aggregated Hot Asbuton Sheet) adalah campuran dari bahan-bahan asbuton, modifier, dan tambahan aggregated yang dilaksanakan pada temperatur yang tinggi. Bahan aggregated yang diberikan harus terlebih dahulu dikontrol mutu dan gradasinya. Seperti pada aspal beton, pada campuran AHAS jumlah agregat tambahan biasanya jauh lebih

besar dari jumlah total asbutonnya.

Campuran ACAS (Aggregated Cold Asbuton Sheet) adalah campuran dengan bahan-bahan dasar berupa AHAS, hanya cara pencampuran seluruhnya tidak menggunakan panas.

Dalam istilah bahasa Indonesianya dikenal istilah Latasbum (Lapisan asbuton murni), yaitu NAHAS atau NACAS, dan Lasbutag (Lapisan asbuton beragregat), yaitu AHAS dan ACAS.

Harga asbuton yang dijual di P.Buton masih dianggap relatif mahal. Ditambah lagi dengan ongkos pengapalan ketempat-tempat lain di Indonesia, campuran asbuton seperti NAHAS, NACAS, maupun AHAS belum dapat bersaing dengan aspal beton biasa. NAHAS dan NACAS yang hampir seluruhnya terdiri dari asbuton tersebut jelas jauh lebih mahal dari aspal beton biasa. Dengan adanya tambahan campuran agregat, harga perkerasan menjadi lebih murah.

Kalau di aspal beton digunakan aspal minyak (asmin) sebagai bahan bitumennya, pada AHAS digunakan asbuton sebagai sumber bitumen. Tetapi karena harga asmin masih relatif jauh lebih murah dari asbuton, harga AHAS belum dapat bersaing dengan harga aspal beton biasa, tinggalah ACAS yang

ternyata masih lebih murah daripada aspal beton sebagaimana telah dijelaskan oleh Lea & Associate (1983), Syahroni dan Nugroho (1987), atau oleh Ramadhani dan Sugiarto (1988). Hal ini karena pada pencampuran ACAS tidak dilakukan pemanasan.

Asbuton yang diproduksi selama ini hanya dalam bentuk tanpa disuling terlebih dahulu dengan sifat-sifat yang sangat variabel baik dalam mutu maupun kadar bitumennya. Hal ini menimbulkan kesukaran pelaksanaan di lapangan dimana didalam membuat campuran asbuton yang memenuhi syarat, diperlukan jumlah asbuton, agregat, dan modifier yang berbeda-beda.

Sampai saat ini terus diadakan usaha-usaha pemanfaatan asbuton dengan melakukan penelitian-penelitian antara lain terhadap mutu bahan asbuton, modifier yang digunakan, spesifikasi, kemungkinan-kemungkinan cara penggunaannya, dan untuk peningkatan efisiensi . Namun hingga saat ini masih belum diperoleh hasil seperti yang diharapkan. Adapun masalah yang sering dihadapi adalah:

1. Biaya pengadaan dan pelaksanaan campuran asbuton yang terdiri dari AHAS, NAHAS, ACAS, dan NACAS umumnya sulit bersaing dengan biaya pengadaan dan

pelaksanaan campuran jalan lainnya. Kecuali barangkali untuk campuran ACAS, campuran yang lain dianggap tidak mungkin bersaing dengan campuran aspal minyak dari segi biaya (Syahroni dan Nugroho, 1987). ACAS relatif lebih murah dan mungkin dapat lebih murah daripada asmin, tetapi masih diperlukan penelitian-penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kualitasnya.

2. Durabilitas yang rendah (umur singkat) dari campuran.

Masalah ini timbul sebagian diakibatkan oleh penyelimutan partikel yang tidak baik dan kesulitan pemadatan awal selama penghamparan menyebabkan mudahnya air masuk kedalam campuran yang kemudian diikuti oleh kerusakan yang cepat karena pengelupasan dan tekanan hidrostatik air dibawah beban roda.

3. Penetrasi yang rendah dan viscositas yang tinggi dari bahan bitumen asbuton menyebabkan asbuton kurang memenuhi syarat untuk campuran aspal beton yang baik. Jadi, untuk mencapai mutu bahan bitumen yang diharapkan diperlukan penambahan bahan modifier yang berfungsi sebagai bahan pengencer maupun bahan peremaja.

Modifier yang mampu memenuhi semua kriteria umum pengikat perkerasan aspal haruslah memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- (i) Mampu mengubah viscositas awal asbuton sehingga memenuhi viscositas bahan pengikat selama pencampuran. Viscositas selama pencampuran ini harus cukup rendah, yaitu 2 sampai 4 poises (Corne dan Soehartono, 1988) untuk menjamin penyelimutan partikel.
- (ii) Mampu mengubah viscositas asli asbuton menjadi viscositas yang sesuai untuk penghamparan dan penggilasan. Viscositas ini harus cukup tinggi karena hal ini menjamin stabilitas dan kohesi campuran yang cukup untuk memikul beban lalu lintas awal.
Untuk campuran dingin target viscositas untuk memenuhi kondisi ini adalah 400 sampai 4000 poises (Corne dan Soehartono, 1988).
- (iii) Viscositas dan daktilitas pengikat untuk jangka panjang harus tetap ada, agar jalan tidak cepat rusak karena retak. Kriteria untuk kondisi ini adalah nilai penetrasi minimal 40 dan daktilitas minimal 75 setelah Thin Film Oven Test

Dari semua kondisi diatas dapat dipahami bahwa viscositas dari campuran bitumen mempunyai pengaruh yang sangat besar untuk mendapatkan campuran yang bermutu tinggi.

Dalam penelitian ini modifier yang digunakan adalah campuran B.O + Asmin . Disamping itu ada bermacam - macam campuran modifier yang lain yaitu: B.O + Asmin + kerosene , hanya B.O saja, campuran B.O + kerosene, hanya kerosene saja, dan hanya bensin saja.

Dari semua komposisi campuran modifier diatas, masih diperlukan penelitian , untuk mengetahui komposisi yang sesuai. Salah satu yang perlu di studi lebih dalam adalah modifier asmin + B.O + kerosene.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan utama dari penelitian ini ialah untuk mendapatkan hal-hal berikut:

1. Mendapatkan hubungan-hubungan dalam pencampuran bitumen aspal minyak, bitumen asbuton, dan B.O . Yang dicari dalam hubungan tersebut adalah penetrasi , dan viscositas dari berbagai komposisi campuran.

2. Melihat pengaruh dengan adanya perbedaan temperatur pada waktu pencampuran terhadap penetrasi dan viscositas.

Penelitian ini dirasa penting karena hal-hal berikut:

- Belum diketahui benar komposisi asmin + asbuton + B.O yang mana yang menghasilkan viscositas, penetrasi, dll yang paling optimum.
- Bagaimana bentuk perubahan dari viscositas, penetrasi, dll dengan berubahnya komposisi campuran tersebut. Hal ini mengingat bahwa kadar bitumen asbuton di alam sangat bervariasi sehingga diperlukan komposisi modifier yang berbeda untuk berjenis-jenis tipe asbuton tersebut.

1.3. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Untuk meneliti kelakuan dan mutu campuran Lasbutag diperlukan penelitian jangka pendek dan jangka panjang. Sebagian dari penelitian tersebut dapat dilakukan di laboratorium. Tetapi untuk kelakuan yang sebenarnya dari campuran Lasbutag perlu penyelidikan lapangan. Disamping itu dari

penyelidikan lapangan dapat benar-benar dibuktikan kelakuan dari campuran jangka panjang. Akan tetapi berhubung sempitnya waktu dan terbatasnya biaya, ruang lingkup penelitian ini hanya dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Modifier yang digunakan adalah B.O
2. Tidak ditinjau lebih dalam tentang B.O nya sendiri.
3. Tidak dilakukan peninjauan terhadap pelaksanaan di lapangan.
4. Tidak dilakukan analisa biaya.

1.4. METODOLOGI PENELITIAN

Cara-cara yang dilakukan dilaboratorium dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Membuat campuran antara aspal minyak, bitumen asbuton dan B.O dalam berbagai kadar campuran.
- Melakukan test-test terhadap semua campuran tersebut diatas.

Test-test yang dilakukan;

- penetrasi
- viscositas
- penetrasi dan viscositas setelah TFO (Thin Film Oven Test).

Catatan :

Thin Film Oven Test (TFO) adalah pengetesan dimana benda uji diberi pemanasan selama 5 jam.

TFO ini dimaksudkan untuk meniru keadaan dilapangan dimana bitumen bisa mengalami ageing (penuaan), yang diakibatkan oleh :

- Penguapan bahan yang mudah menguap.
- Reaksi kimia.
- Hardening dimana struktur fisik dibagian dalam berubah terhadap waktu , seperti terjadi pengerasan binder sendiri .

BAB II

TEORI DASAR

2.1 ASBUTON

Asbuton adalah jenis aspal alam berupa batuan yang terdiri dari mineral dan bitumen. Mineral dalam asbuton terdiri dari kapur yang berasal dari endapan binatang-binatang laut dan mengandung terutama kalsium, silikat, karbonat, belerang dan lain-lain.

Bahan bitumen pada asbuton secara fisik dan kimia mempunyai sifat yang sama dengan bahan bitumen aspal minyak yaitu mengandung asphalten dan malten. Namun kadar asphalten jauh lebih tinggi dibanding dengan aspal minyak.

Asphalten adalah hasil-hasil oksidasi dari minyak bumi. Hal ini terjadi karena oksigen meresap kedalam batuan. Asphalten yang berupa phase padat didalam bitumen mempunyai berat molekul yang tinggi, berwarna hitam, bersifat keras, dan tidak larut didalam naphtane tetapi dapat dilunakkan dengan minyak.

Malten adalah phase cair didalam bitumen, berupa oil yang larut dalam naphtane . Malten terdiri dari empat senyawa utama yaitu : Nitrogen Bases (N), Accidafit I, Accidafit II dan Paraffins.

Perbedaan kualitas antara bitumen asbuton dengan asmin secara umum antara lain :

a. Bitumen asbuton lebih keras bila dibandingkan dengan asmin. Umumnya kekerasan bitumen asbuton diketahui melalui sifat penetrasinya yang rendah yaitu sekitar 2 sampai 8. Hal ini akibat dari proses ageing (menjadi tua) yang sudah berabad-abad dari bitumen asbuton. Proses ageing tersebut adalah fungsi dari waktu yang oleh Suroso (1987) dijabarkan sbb:

- Proses menguapnya minyak-minyak berat dari maltene secara lambat laun sekali sehingga perbandingan jumlah asphalten meningkat.
- Proses berubahnya bahan-bahan polimer resin pada maltene yang akibat reaksi dengan oksigen dari udara dan sinar ultra violet polimer resin tersebut berubah menjadi molekul-molekul asphalten.

Proses kimia ini sangat banyak berpengaruh dalam peningkatan fraksi asphalten dan pengurangan fraksi maltene.

- Hardening (proses menjadi keras) dari bahan bitumen itu sendiri dengan waktu.
- b. Bitumen asbuton mempunyai titik lembek sekitar $75^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$, jauh lebih tinggi dari titik lembek rata-rata dari asmin. Hal ini disebabkan bitumen asbuton mempunyai asphalten dengan berat molekul yang lebih tinggi dari asphalten asmin.
- c. Bitumen asbuton mempunyai kadar paraffin hanya $3\% - 8\%$, lebih rendah dari kadar paraffin pada asmin.
- d. Dari segi keawetan sebagai bahan perkerasan jalan bitumen asbuton diklasifikasikan sebagai tidak awet dibandingkan dengan bitumen asmin. Hal ini diperkirakan terjadi karena adanya penguapan oil akibat pengaruh tekanan dan suhu tinggi yang asalnya dari dalam bumi ditempat lokasi tambang asbuton atau terjadi akibat adanya oksidasi dari fraksi malten menjadi asphalten . Keawetan bitumen asbuton dapat ditingkatkan dengan cara

menambahkan fraksi cair (minyak) kepada asbuton atau menambah fraksi maltennya.

Untuk menanggulangi kekurangan-kekurangan pada asbuton tersebut diatas diperlukan tambahan suatu bahan yang sifatnya menambah kadar malten dalam asbuton. Dengan menambah bahan tersebut diharapkan bitumen asbuton dapat memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Dapat melekat dengan baik pada batuan.
2. Dapat menjadi lebih lunak untuk memudahkan pekerjaan tetapi masih cukup keras sehingga campuran batuan dan perekat setelah dicampur dan dipadatkan tidak mudah berubah.
3. Cukup fleksibel pada suhu rendah dan tidak mudah menjadi rapuh yang dapat mengakibatkan terjadi kerusakan pada campuran konstruksi asbuton.

2.2 PRINSIP DASAR MODIFIER UNTUK LASBUTAG

Setiap campuran asbuton memerlukan modifier sebagai bahan tambahan untuk merubah sifat-sifat asli dari bahan-bahan dasar campuran menjadi suatu kesatuan bahan perkerasan yang memenuhi syarat. Tanpa modifier, campuran Lasbutag tidak dapat dengan

sendirinya dibentuk menjadi satu kesatuan campuran aspal beton yang baik.

Pada hal-hal berikut diberikan beberapa kondisi pada pencampuran Lasbutag dimana diperlukan bahan penambah untuk memperbaiki keadaan tersebut (Mochtar ,dkk, 1989) :

1. Untuk pencampuran perlu ada cara guna melunakkan, mengencerkan, dan memobilisir bahan bitumen asli dari asbuton agar dapat digunakan sebagai bahan pengikat (binder) secara optimal dalam campuran . Tanpa dimobilisasi dengan baik, bahan bitumen asbuton dalam campuran akan banyak tersia-sia sebab sebagian bitumen praktis tidak dapat difungsikan sebagai binder.
2. Bahan bitumen asbuton asli mempunyai nilai penetrasi awal yang sangat rendah (2 - 8) sebagai karakteristik dari bahan bitumen yang sudah "sangat tua". Seperti yang telah diketahui , diperlukan penetrasi awal dari aspal minimal 60 untuk mendapatkan perkerasan aspal yang cukup fleksibel dan tahan terhadap perubahan bentuk tanpa retak (pecah).

Jadi bitumen asbuton perlu "diremajakan" (rejuvenated) yang artinya dinaikkan penetrasinya, atau diturunkan viscositasnya, ketinggian yang diinginkan.

3. Penetrasi dari bahan bitumen yang sudah diremajakan tersebut harus dijaga agar tidak menurun drastis dalam waktu yang relatif singkat. Penurunan yang cepat dari nilai penetrasi aspal tidaklah disukai karena perkerasan jalan dapat mudah rusak lebih cepat dari umur rencana perkerasan tersebut (prematur ageing yang menyebabkan premature cracing pula). Hal ini merupakan persyaratan jangka panjang dari campuran Lasbutag.
4. Pada waktu pengenceran dari bahan bitumen asbuton untuk pencampuran, diperlukan viscositas yang tertentu dari bahan bitumen. Viscositas yang terlalu rendah, bahan bitumen terlalu lunak dan encer, memang memudahkan pencampuran dan penyebaran bahan bitumen asbuton yang merata tetapi menyulitkan pemadatan campuran nantinya. Campuran setelah dipadatkan dalam beberapa waktu akan tetap lembek dan tidak mempunyai stabilitas untuk mendukung beban.

Viscositas campuran yang terlalu tinggi, bahan bitumen terlalu liat dan kurang pengencer, akan menyulitkan pencampuran dan pemadatan. Dari hasil pemadatan akan didapatkan campuran yang kurang padat, berongga-rongga, dan mudah terceraiikan oleh pengaruh air.

5. Karena persyaratan viscositas campuran mula-mula pada waktu pencampuran dan pemadatan, umumnya diperlukan jauh lebih sedikit bahan pengencer dari pada yang dibutuhkan untuk melarutkan sama sekali semua bitumen asbuton. Akibatnya relatif hanya sedikit bahan bitumen asbuton yang dapat dimobilisir pada awal pencampuran (mobilisasi bitumen lebih banyak lagi memerlukan waktu).

Kondisi ini menyebabkan banyak batuan agregat yang tidak dapat terselimuti/tertutup oleh bitumen dari asbuton dan agregat tersebut mudah lepas-lepas karena tidak ada lapisan pengikat (binder)-nya.

6. Kadang-kadang untuk memperbaiki daya lekat asbuton terhadap agregat yang ditambahkan perlu adanya bahan tambahan kimiawi (chemical additive) untuk mencegah pengelupasan atau oksidasi dari bahan bitumen.

2.2.1. FUNGSI MODIFIER

Modifier yang digunakan harus memenuhi beberapa fungsi-fungsi pokok yang didefinisikan oleh James (1987) sbb:

1. Dapat memobilisir bahan bitumen asli dari asbuton secara cepat dengan cara pengenceran.
2. Dapat merubah sifat bitumen asbuton asli menjadi optimal dari segi keawetan jangka panjang, viskositas, dan stabilitas dari campuran.
3. Menghasilkan cukup bahan bitumen bebas untuk meliput seluruh permukaan agregat kasar dan pasir yang ditambahkan sehingga didapatkan ikatan dan lekatan awal yang bagus antar agregat kasar dan bahan agregat yang lain.
4. Menyediakan tambahan bahan bitumen yang diperlukan bilamana bitumen aspal asbuton masih tidak mencukupi untuk campuran karena adanya pembatasan dalam jumlah dan persentasi bahan asbuton yang diijinkan didalam campuran Lasbutag.
5. Dapat menyebabkan perubahan-perubahan viskositas bitumen asbuton kearah rentang viskositas optimum untuk campuran dan untuk pemadatan.

6. Mengandung bahan-bahan tambahan untuk mencegah pengelupasan dan oksidasi yang berlebihan dari bahan bitumen asbuton, bilamana dianggap perlu.

2.2.2. PEMILIHAN MODIFIER

Jadi untuk memperoleh modifier yang memenuhi syarat diperlukan jenis modifier yang mempunyai komponen-komponen sebagai berikut :

1. Minyak berat

Minyak berat ini akan berfungsi untuk :

- mengencerkan sebagian dari bitumen asbuton supaya dapat menyebar meliputi permukaan agregat yang ditambahkan.
- melunakkan bitumen asbuton dan menurunkan nilai penetrasi awal dari bitumen asbuton ke nilai penetrasi campuran yang sesuai untuk " in - service " pavement (perkerasan yang mendukung beban lalu lintas).
- mempertahankan penetrasi bitumen asbuton untuk jangka panjang supaya jangan terlalu cepat turun ke nilai yang tidak diharapkan.

Untuk maksud tersebut minyak berat harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- a. Mempunyai titik didih yang tinggi agar tidak mudah menguap.

Menurut Corne (1988), titik didih minyak berat yang baik harus diatas 250°C , dan makin tinggi makin baik. Hal ini menjamin nilai penetrasi " in - service bitumen " yang relatif konstant selama umur pelayanan perkerasan.

- b. Sebagai bahan pelunak dan pengencer yang cukup efektif untuk asbuton sehingga banyak bitumen asbuton yang dapat dimobilisir untuk campuran.

2. Bahan bitumen tambahan

Bahan mineral asbuton umumnya terdiri dari mineral bergradasi halus (filler). Pada campuran perkerasan yang baik, jumlah filler yang ada harus dibatasi demi kekuatan dari campuran tersebut. Jadi jumlah bitumen asbuton yang dapat dicampurkan dalam Lasbutag kadang-kadang juga harus dibatasi. Untuk hal ini, sering didapatkan jumlah bitumen yang kurang dari jumlah total yang dikehendaki. Untuk itu perlu tambahan bitumen yang disuply dari aspal minyak.

Jadi fungsi dari asmin pada modifier disini antara lain ialah :

- a. Memberikan tambahan bitumen bebas yang diperlukan dalam campuran.
- b. Memberikan stabilitas awal dari campuran yang mana relatif masih " lembek " akibat adanya sisa minyak ringan dan akibat bitumen asbuton yang belum termobilisir sepenuhnya oleh minyak berat (perlu waktu).
- c. Membantu menciptakan penetrasi awal bahan bitumen dalam campuran mendekati rentang yang direncanakan untuk campuran perkerasan jalan.

3. Minyak ringan

Minyak ringan diperlukan untuk sebanyak mungkin melarutkan bitumen dari asmin dan bitumen asbuton, sehingga didapat jumlah bitumen bebas yang mencukupi untuk meliput permukaan agregat yang ditambahkan .

Fungsi utama dari minyak ringan ini ialah :

- a. Melarutkan semua asmin untuk pencampuran dalam sistem pencampuran dingin (tanpa panas).
- b. Mengencerkan bitumen asbuton sebanyak mungkin secara cepat kedalam campuran. Fungsi ini mungkin juga dapat dilakukan oleh minyak berat

tetapi perlu waktu proses yang lama dan jumlah yang agak besar dari pada yang disyaratkan untuk nilai penetrasi awal.

c. Menurunkan viscositas bitumen dalam campuran secara cepat menuju ke viscositas yang sesuai untuk pencampuran.

d. Menguap dalam waktu singkat sebanyak-banyaknya sesudah pencampuran supaya terjadi kenaikan cepat dari viscositas bitumen dalam campuran menuju kearah viscositas yang diperlukan untuk pemadatan.

Setelah pemadatan, diharapkan minyak ringan dalam waktu singkat menguap sehingga penetrasi awal (in-service) dari bitumen dalam campuran kembali ke penetrasi campuran antara bitumen asbuton, asmin, dan minyak berat.

4. Bahan additive lainnya bila perlu.

Bahan-bahan ini dapat membantu dalam sifat kelekatan bitumen terhadap batuan atau membantu memberikan dalam memberikan " initial stability " yang memadai untuk campuran.

2.3. PEDOMAN DALAM CAMPURAN LASBUTAG

Lasbutag (lapisan asbuton beragregat) adalah campuran antara asbuton, agregat, dan modifier yang sistem pencampurannya ada 2 macam yaitu : 1. Campuran Panas

Hasil campurannya disebut dengan AHAS (Aggregated Hot Asbuton Sheet).

2. Campuran Dingin

Hasil campurannya disebut dengan ACAS (Aggregated Cold Asbuton Sheet)

Untuk memperoleh mutu campuran Lasbutag yang berkualitas baik, perlu adanya batasan-batasan untuk bahan-bahan yang digunakan pada campuran Lasbutag . Berikut ini dibahas batasan-batasan tersebut secara lebih terperinci :

2.3.1. BATASAN UNTUK ASBUTON

- a. Asbuton yang digunakan minimal mempunyai kadar bitumen 15 % . Hal ini dikarenakan kadar bitumen dari asbuton yang cukup menguntungkan untuk digunakan dilapangan berkisar antara 16 % sampai dengan 30 % .
- b. Besar dan kecilnya butiran asbuton mempengaruhi waktu peresapan bahan pelunak .

Makin kecil butiran butiran asbuton makin baik tingkat peresapan bahan pelunak. Oleh karena itu ditentukan butir asbuton maksimal harus lolos saringan $1/2$ ".

- c. Kadar air asbuton pada campuran Lasbutag disyaratkan sebaiknya antara 4% sampai 6% . Tetapi kadar air antara 6% sampai 8% masih dianggap memenuhi, bahkan kadar air antara 8% sampai 10% masih dipertimbangkan lagi.

2.3.2. BATASAN UNTUK AGGREGAT

- a. Agregat yang digunakan untuk campuran Lasbutag terdiri dari agregat kasar dan halus yang harus memenuhi persyaratan mutu dan gradasi dari Bina Marga.
- b. Karena mineral asbuton mempunyai gradasi tertentu untuk setiap kadar bitumen asbuton, maka spesifikasi gradasi campuran agregat dan mineral asbuton secara keseluruhan diusahakan masuk dalam spesifikasi Bina Marga. Lihat Tabel 2.1.

TABEL 2.1 : GRADASI SPESIFIKASI B BINA MARGA

Saringan (mm/inch)	Persen lolos	
	Modifier Bunker Oil	Modifier Flux Oil
19,0 (3/4")	100	100
9,51 (3/8")	66 - 90	65 - 91
4,76 (no. 4)	32 - 61	30 - 61
2,38 (no. 30)	14 - 40	12 - 39
0,595 (no. 30)	5 - 15	0 - 14
0,297 (no. 50)	0 - 6	0 - 5
0,074 (no.200)	0 - 5	0 - 4

TABEL 2.2 : BUNKER OIL (B.O) SPESIFIKASI BINA MARGA

Sifat - Sifat	Minimum	Maksimum	Satuan
Viscositas kinematis pada 100°C	-	300	Centistokes
Berat jenis pada 25° C	0,9	-	-
Sisa destilasi pada 360° C	70	-	% volume se- mula
Titik nyala (Cleveland Open Cup)	100	-	°C
Kadar air	-	2	% berat

2.3.3. BATASAN UNTUK BUNKER OIL (B.O)

a.B.O adalah salah satu bahan bakar mesin (dari mesin diesel sampai mesin uap) yang mempunyai viscositas relatif besar. Spesifikasi yang dipergunakan dalam penelitian ini disesuaikan menurut spesifikasi yang tercantum pada Tabel 2.2.

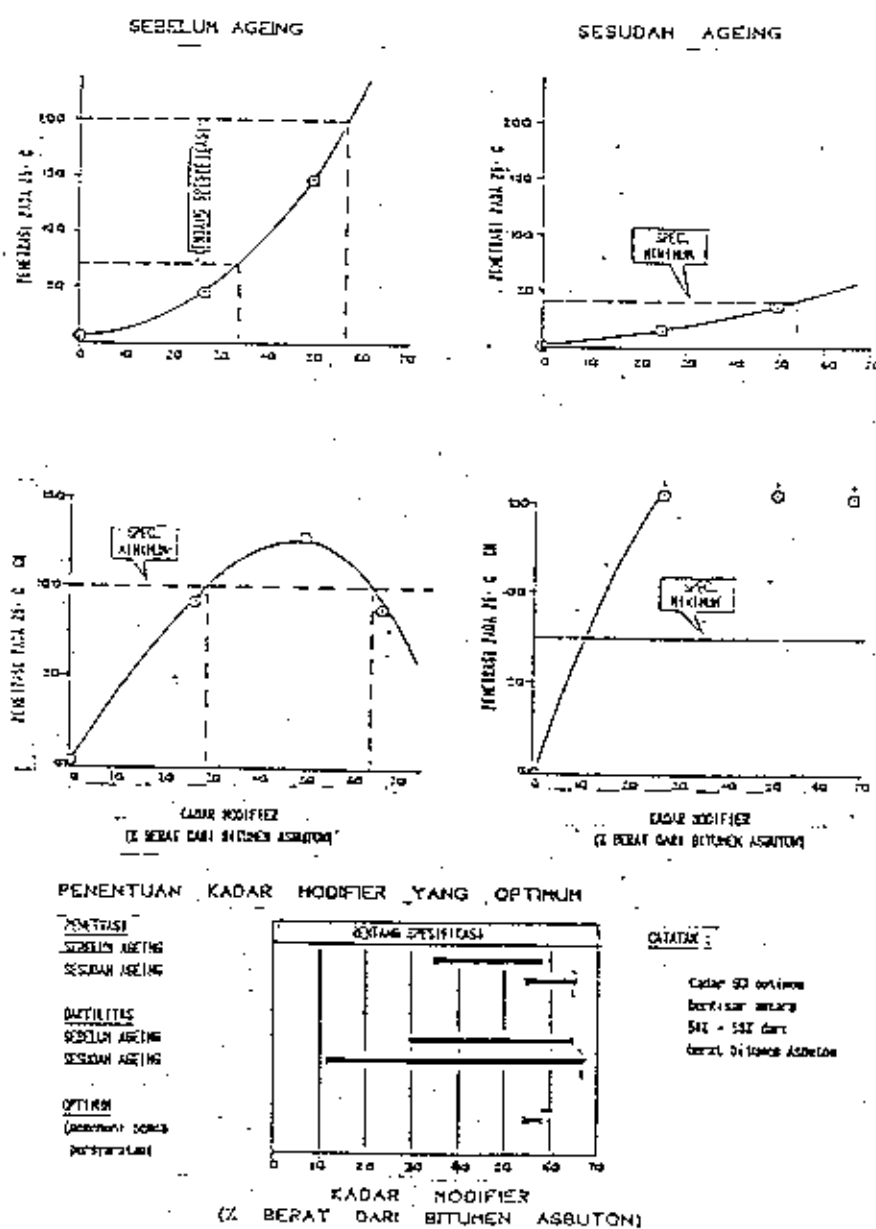
b.Kandungan berkisar antara 54% sampai 58% (dari berat bitumen asbuton).

Hal tersebut untuk menjamin penetrasi campuran awal dan setelah penuaan (ageing) sesuai dengan penetrasi yang diharapkan (pen 60 - 70) seperti yang telah dibahas oleh Corne and James (1987).

Pengaruh kadar B.O terhadap bitumen asbuton dapat dilihat pada Gambar 2.1.

2.3.4. BATASAN UNTUK ASPAL MINYAK

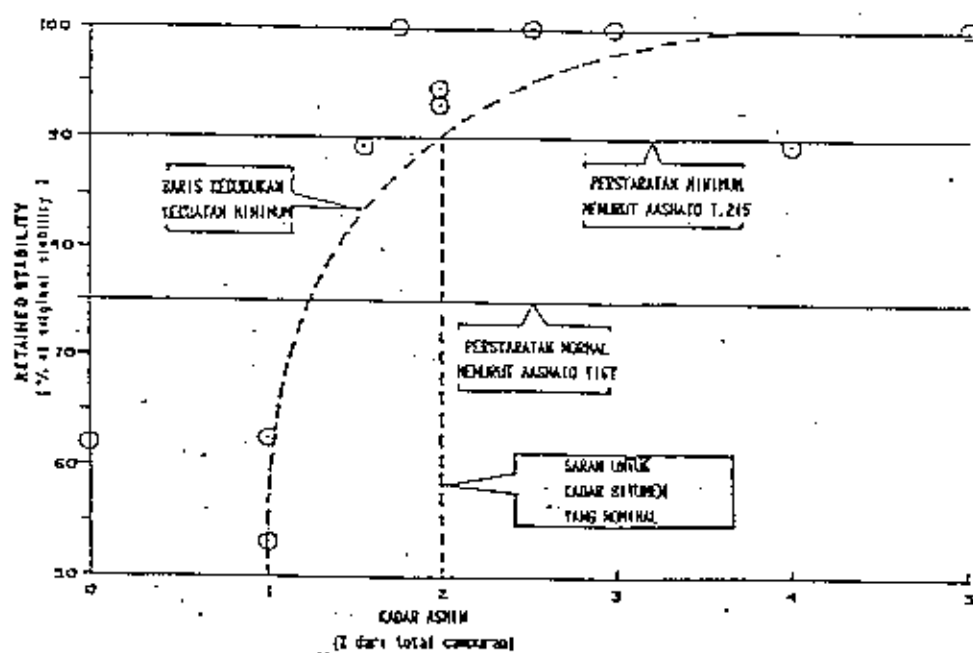
a.Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu diperlukan 2% aspal minyak dari total campuran untuk menjamin coating yang merata terhadap agregat sebelum penambahan asbuton. Ketentuan ini didasarkan pada



Gambar 2.1 : Pengaruh Thin Film Oven Test pada sifat campuran BO dan bitumen asbuton.

hasil penelitian oleh Corne and James (1987) . Harga tersebut diharapkan dapat menjamin retained stability diatas 90% setelah direndam. Lihat Gambar 2.2.

- b. Aspal minyak yang digunakan disarankan mempunyai penetrasi lebih besar dari pen 60-70. Hal ini disyaratkan agar penetrasi akhir dari bahan bitumen asbuton setelah bercampur dengan aspal minyak menjadi sekitar pen 60-70. Untuk itu pada percobaan digunakan aspal minyak dengan penetrasi 80-100.



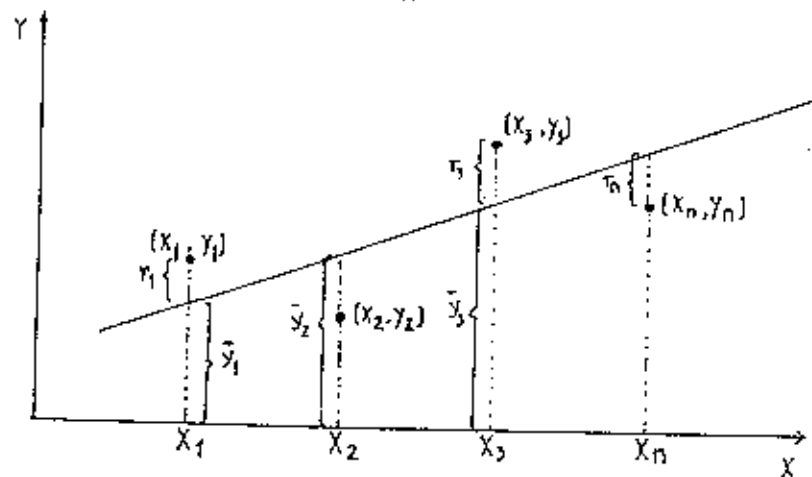
Gambar 2.2 Pengaruh kadar aspal minyak pada retained stabilitas

2.4 ANALISA REGRESSI

Metoda ini untuk mencari suatu bentuk persamaan yang paling cocok untuk suatu kumpulan titik-titik data.

2.4.1. METODA KWADRAT TERKECIL UNTUK PERS. EMPIRIS

Misal pers. $Y = a + b X$



$$r_1 = |\bar{y}_1 - y_1|$$

$$r_2 = |\bar{y}_2 - y_2|$$

$$r_n = |\bar{y}_n - y_n|$$

Bila $Y = a + b X$ diatas merupakan bentuk

persamaan yang paling sesuai maka $\sum_{i=1}^n (r_i)^2 =$ minimum.

Jadi dengan least square method dapat dicari harga-harga koefisien a dan b dari persamaan $Y = a + b X$ sedemikian rupa sehingga

$\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2 =$ sekecil-kecilnya, untuk segala harga a dan b.

$(\bar{y}_i - y_i)^2 = \sum r_i^2$, disebut sebagai residual dari persamaan.

Maka :

$$\sum_{i=1}^n r_i^2 = (a + bx_1 - y_1)^2 + (a + bx_2 - y_2)^2 + \dots + (a + bx_n - y_n)^2$$

dimana $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ } diketahui sbg data
 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ } laboratorium / lap.

$\sum_{i=1}^n r_i^2 = f(a, b) \rightarrow$ disini $f(a, b)$ adalah dalam bentuk kwadrat di a dan b

Untuk supaya harga $f(a, b) = \text{minimum}$ maka :

Syaratnya $\frac{\partial f(a, b)}{\partial a} = 0$ & $\frac{\partial f(a, b)}{\partial b} = 0$

dari persamaan $\frac{\partial f(a, b)}{\partial a} = 0$ ada 1 pers.

dari persamaan $\frac{\partial f(a, b)}{\partial b} = 0$ ada 1 pers

2 persamaan dengan 2 anu maka a & b ketemu.

Demikian juga untuk $Y = a + bX + cX^2$

dengan cara yang sama akan didapatkan

Persamaan Normalnya sbb :

$$\begin{aligned} (a + bx_1 + cx_1^2 - y_1) + (a + bx_2 + cx_2^2 - y_2) + \dots + (a + bx_n + cx_n^2 - y_n) &= 0 \\ x_1(a + bx_1 + cx_1^2 - y_1) + x_2(a + bx_2 + cx_2^2 - y_2) + \dots + x_n(a + bx_n + cx_n^2 - y_n) &= 0 \\ x_1^2(a + bx_1 + cx_1^2 - y_1) + x_2^2(a + bx_2 + cx_2^2 - y_2) + \dots + x_n^2(a + bx_n + cx_n^2 - y_n) &= 0 \end{aligned}$$

karena $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots \dots \dots (x_n, y_n)$ adalah mempunyai harga-harga tertentu maka pers. normal diatas hanya berupa :

$$\left. \begin{aligned} g_1(a, b, c) &= 0 \\ g_2(a, b, c) &= 0 \\ g_3(a, b, c) &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &3 \text{ persamaan dengan 3 anu} \\ &a, b, c \text{ dapat dicari.} \end{aligned}$$

2.4.2 METODA KWADRAT TERKECIL UNTUK PERS. NON LINIER

Persamaan berikut

$$Y = a \left(10^{\frac{bX}{c+X}} \right)$$

adalah persamaan non linier pada parameter a , parameter a , b , dan c . Jadi cara linierisasi seperti disebutkan terdahulu tidak dapat dilaksanakan disini.

Kita misalkan persamaan diatas sbb:

$$Y = f(x, a, b, c)$$

meskipun harga-harga parameter a, b, c sebetulnya konstan, tetapi karena disini harga-harga tersebut dicari maka a, b, c dianggap sebagai parameter yang berubah-ubah seperti x dan y .

Misalkan sekarang harga-harga a_0, b_0 , dan c_0 merupakan harga perkiraan mula-mula dari a, b, c

Jadi

$$A \begin{cases} a = a_0 + \alpha \\ b = b_0 + \beta \\ c = c_0 + \gamma \end{cases} \text{ dimana } \alpha, \beta, \gamma \text{ adalah koreksi (error)}$$

Titik-titik $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ didapat dari data lapangan.

Harga-harga $\bar{y}_1 = f(x_1, a, b, c)$

$\bar{y}_2 = f(x_2, a, b, c)$

$\bar{y}_n = f(x_n, a, b, c)$

merupakan harga-harga hasil perhitungan bila x_1, x_2, \dots, x_n dimasukkan kedalam persamaan yang sebenarnya.

Sekarang kita anggap

$$\hat{y}_1 = f(x_1, a_0, b_0, c_0)$$

$$\hat{y}_2 = f(x_2, a_0, b_0, c_0)$$

$$\hat{y}_n = f(x_n, a_0, b_0, c_0)$$

Harga-harga residual dari persamaan pokok

adalah : $r_1 = \bar{y}_1 - y_1 = f(x_1, a, b, c) - y_1$

$r_2 = \bar{y}_2 - y_2 = f(x_2, a, b, c) - y_2$

$r_n = \bar{y}_n - y_n = f(x_n, a, b, c) - y_n$

dijabarkan menjadi:

$$B \begin{cases} r_1 + y_1 = f(x_1, a, b, c) \rightarrow r_1 + y_1 = f(x_1, a_0 + \alpha, b_0 + \beta, c_0 + \gamma) \\ r_n + y_n = f(x_n, a, b, c) \rightarrow r_n + y_n = f(x_n, a_0 + \alpha, b_0 + \beta, c_0 + \gamma) \end{cases}$$

dari penjabaran menurut theory Taylor kita ketahui

$$f(x+h) = f(x) + hf'(x) + \frac{h^2}{2!} f''(x) + \frac{h^3}{3!} f'''(x) + \dots$$

$$\begin{aligned} f(x+m, y+n) = f(x, y) + m \frac{\partial f(\dots)}{\partial x} + n \frac{\partial f(\dots)}{\partial y} \\ + \frac{1}{2!} \left[m^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + 2.m.n \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} + n^2 \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \right. \\ + \frac{1}{3!} \left[m^3 \frac{\partial^3 f}{\partial x^3} + 3.m^2.n \frac{\partial^3 f}{\partial x^2 \partial y} + 3.m.n^2 \frac{\partial^3 f}{\partial x \partial y^2} + n^3 \frac{\partial^3 f}{\partial y^3} \right. \\ + \dots \\ \left. \left. + \frac{1}{k!} \left[\left(m \frac{\partial}{\partial x} + n \frac{\partial}{\partial y} \right)^k \right] + \dots \right] \right. \end{aligned}$$

Untuk $f(x_1, a_0 + \alpha, b_0 + \beta, c_0 + \gamma)$ dijabarkan dengan cara yang sama yaitu

$$\begin{aligned} f(x_1, a_0 + \alpha, b_0 + \beta, c_0 + \gamma) \approx f(x_1, a_0, b_0, c_0) \\ + \alpha \left(\frac{\partial f_1}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_1}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_1}{\partial c} \right)_0 \end{aligned}$$

(+turunan pangkat tinggi diabaikan)

$$\text{dimana } \left(\frac{\partial f_1}{\partial a} \right)_0 \text{ artinya } \left(\frac{\partial f}{\partial a} \right) \text{ untuk } x = x_1$$

$$a = a_0$$

$$b = b_0$$

$$c = c_0$$

analog :

$$\begin{aligned} f(x_n, a_0 + \alpha, b_0 + \beta, c_0 + \gamma) = f(x_n, a_0, b_0, c_0) \\ + \alpha \left(\frac{\partial f_n}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_n}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_n}{\partial c} \right)_0 \end{aligned}$$

Kembali ke persamaan 8 didapatkan

$$r_1 + y_1 = \underbrace{f(x_1, a_0, b_0, c_0)}_{\hat{y}_1} + \alpha \left(\frac{\partial f_1}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_1}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_1}{\partial c} \right)_0 + \dots \xrightarrow{\text{diabaikan}}$$

$$r_n + y_n = \underbrace{f(x_n, a_0, b_0, c_0)}_{\hat{y}_n} + \alpha \left(\frac{\partial f_n}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_n}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_n}{\partial c} \right)_0 + \dots$$

$$\text{bila } t_1 = y_1 - \hat{y}_1 ; t_2 = y_2 - \hat{y}_2 ; \dots t_n = y_n - \hat{y}_n$$

didapatkan persamaan residual

$$r_1 = \alpha \left(\frac{\partial f_1}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_1}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_1}{\partial c} \right)_0 - t_1$$

$$r_2 = \alpha \left(\frac{\partial f_2}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_2}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_2}{\partial c} \right)_0 - t_2$$

$$r_n = \alpha \left(\frac{\partial f_n}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_n}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_n}{\partial c} \right)_0 - t_n$$

$$\therefore \sum r^2 = \sum_{i=1}^n \left[\alpha \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0 - t_i \right]^2$$

= minimum

Jadi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial (\sum r^2)}{\partial \alpha} = 0 &\rightarrow 2 \left[\alpha \left(\frac{\partial f_1}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_1}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_1}{\partial c} \right)_0 - t_1 \right] \left(\frac{\partial f_1}{\partial a} \right)_0 \\ &+ 2 \left[\alpha \left(\frac{\partial f_2}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_2}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_2}{\partial c} \right)_0 - t_2 \right] \left(\frac{\partial f_2}{\partial a} \right)_0 \\ &+ 2 \left[\alpha \left(\frac{\partial f_3}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_3}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_3}{\partial c} \right)_0 - t_3 \right] \left(\frac{\partial f_3}{\partial a} \right)_0 + \dots \\ &+ 2 \left[\alpha \left(\frac{\partial f_n}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_n}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_n}{\partial c} \right)_0 - t_n \right] \left(\frac{\partial f_n}{\partial a} \right)_0 = 0 \end{aligned}$$

analog

$$\frac{\partial (\sum r^2)}{\partial \beta} = 0 \rightarrow \sum_{i=1}^n \left[2 \left\{ \alpha \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0 - t_i \right\} \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0 \right] = 0$$

$$\frac{\partial (\sum r^2)}{\partial \gamma} = 0 \rightarrow \sum_{i=1}^n \left[2 \left\{ \alpha \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_0 + \beta \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0 + \gamma \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0 - t_i \right\} \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0 \right] = 0$$

atau :

$$\alpha \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_0^2 \right\} + \beta \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_0 \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0 \right\} + \gamma \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_0 \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0 \right\} = \sum_{i=1}^n t_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_0$$

$$\alpha \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_0 \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0 \right\} + \beta \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0^2 \right\} + \gamma \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0 \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0 \right\} = \sum_{i=1}^n t_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0$$

$$\alpha \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_0 \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0 \right\} + \beta \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_0 \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0 \right\} + \gamma \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0^2 \right\} = \sum_{i=1}^n t_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_0$$

dari sini didapat $\alpha, \beta, \gamma \rightarrow (\alpha^0, \beta^0, \gamma^0)$

$$\text{Bila } \left. \begin{matrix} \alpha^0 \\ \beta^0 \\ \gamma^0 \end{matrix} \right\} > \varepsilon \quad ; \text{ harga } \varepsilon \rightarrow 0$$

$$\begin{aligned} \text{maka } a_1 &= a_0 + \alpha^0 & a &= a_1 + \alpha^0 \\ b_1 &= b_0 + \beta^0 & b &= b_1 + \beta^0 \\ c_1 &= c_0 + \gamma^0 & c &= c_1 + \gamma^0 \end{aligned}$$

harga α, β, γ yang baru dicari lagi dengan cara yang sama.

$$\begin{aligned} \text{sekarang } \hat{y}_1^{(n)} &= f(x_1, a_1, b_1, c_1) & t_1^{(n)} &= y_1 - \hat{y}_1^{(n)} \\ \hat{y}_2^{(n)} &= f(x_2, a_1, b_1, c_1) & t_2^{(n)} &= y_2 - \hat{y}_2^{(n)} \\ \hat{y}_n^{(n)} &= f(x_n, a_1, b_1, c_1) & t_n^{(n)} &= y_n - \hat{y}_n^{(n)} \end{aligned}$$

Persamaan normal yang baru:

$$\begin{aligned} \alpha \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_1^2 \right\} + \beta \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_1 \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_1 \right\} + \gamma \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_1 \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_1 \right\} &= \sum_{i=1}^n t_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_1 \\ \alpha \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_1 \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_1 \right\} + \beta \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_1^2 \right\} + \gamma \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_1 \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_1 \right\} &= \sum_{i=1}^n t_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_1 \\ \alpha \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial a} \right)_1 \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_1 \right\} + \beta \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial b} \right)_1 \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_1 \right\} + \gamma \left\{ \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_1^2 \right\} &= \sum_{i=1}^n t_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial c} \right)_1 \end{aligned}$$

didapat $\alpha, \beta, \gamma \rightarrow (\alpha', \beta', \gamma')$

$$\text{kemudian seterusnya } a_k = a_{k-1} + \alpha^{k-1}$$

$$b_k = b_{k-1} + \beta^{k-1}$$

$$c_k = c_{k-1} + \gamma^{k-1}$$

sampai $\alpha, \beta, \gamma \leq \varepsilon$

Kesimpulan:

Cara non linier ini merupakan cara iterasi, jadi ada kemungkinan terjadi divergen. tidak didapat harga a , b , c yang dimaksud. Konvergen atau divergen sangat tergantung dari harga a , b , c mula-mula yg dipilih.

Catatan :

1. Bila di-plot-kan dikertas log-log berbentuk garis lurus pakai persamaan

$$Y = a X^n$$

2. Bila di-plot-kan dikertas semi-log berbentuk garis lurus dipakai persamaan

$$Y = a e^{bX} \quad \text{atau} \quad Y = a b^X$$

3. Bila di-plot-kan dengan absis-ordinat $(\frac{1}{x}, y)$ atau $(x, \frac{1}{y})$ berupa garis lurus maka pers.

$$Y = a + \frac{b}{x} \quad \text{pada plot } \left(\frac{1}{x}, Y\right)$$

$$Y = \frac{1}{a + bx} \quad \text{atau} \quad \frac{1}{Y} = a + bX \quad \text{pada plot } \left(x, \frac{1}{Y}\right)$$

akan berupa garis lurus.

BAB III

KEGIATAN PENELITIAN DI LABORATORIUM

3.1 UMUM

Kegiatan penelitian di Laboratorium dibagi menjadi beberapa tahap , yaitu :

1. Persiapan untuk pembuatan benda uji yang meliputi:
 - asbuton
 - aspal minyakuntuk Bunker Oil data sudah tersedia.
2. Perencanaan campuran.
3. Pembuatan benda uji.
4. Pelaksanaan test penetrasi.
5. Pelaksanaan test viscositas.

3.2. PERSIAPAN PEMBUATAN BENDA UJI

3.2.1. Asbuton

Untuk asbuton yang dilakukan adalah memisahkan antara batuan kapurnya dan bitumen asbutonnya dengan cara :

- a. Ekstraksi bitumen.
- b. Destilasi dengan menggunakan CCl_4 , dimana destilasi ini adalah proses lanjut dari ekstraksi bitumen.

3.2.2. Asphalt minyak

Test-test untuk aspal minyak yang telah dilakukan :

- Test penetrasi pada suhu 25°C menurut test AASHTO T-49 , sebelum dan setelah TFO.
- Test viscositas pada suhu 90°C , 135°C sebelum dan setelah TFO.

3.3. PERENCANAAN CAMPURAN

Campuran dibuat bervariasi sebagai berikut :

1. Campuran antara bitumen asbuton dan B.O saja
ada 5 variasi yaitu perbandingan B.O : Bit.Asbuton
10 : 90, 20 : 80, 30 : 70, 40 : 60, dan 50 : 50
2. Campuran antara B.O , Bit. Asbuton (B.A) , dan
Aspal minyak (asmin)
Ada 15 variasi , tiap-tiap perbandingan seperti
tersebut diatas (1) ada 3 variasi

Contoh :

Dari campuran B.O dan B.A sebesar 10 : 90 ambil

- campuran B.O - B.A sebesar 30% dan dicampur dengan asmin sebesar 70% total campuran.
- Demikian pula untuk campuran B.O - B.A sebesar 50% , dicampur dengan asmin 50% dari total campuran.

- Untuk campuran B.O - B.A sebesar 70% dicampur dengan asmin 30% dari total campuran.

3.4. PEMBUATAN BENDA UJI

3.4.1 Ketentuan-ketentuan Umum :

Benda uji didapatkan dengan mencampur bitumen asbuton, B.O , dan asmin. Dalam penelitian ini kami tidak menggunakan bahan lain asmin , bit. asbuton, dan B.O . Campuran yang sudah siap, dimasukkan kedalam cawan penetrasi dan sebagian dimasukkan di pan untuk di TFO.

1. Campuran B.O + Bit.Asbuton (B.A)

Parameter yang ada :

- a. Kadar bitumen asbuton dalam campuran yaitu :
90% , 80% , 70% , 60% , dan 50% .
- b. Kadar B.O dalam campuran yaitu :
10% , 20% , 30% , 40% , dan 50% .

2. Campuran B.O + Bit.Asbuton (B.A) + Asmin

Parameter yang ada :

- a. Kadar B.O + B.A dalam campuran yaitu :
30% , 50% , dan 70% .
- b. Kadar Asmin dalam campuran yaitu :
70% , 50% , dan 30% .

3.4.2 Penamaan benda uji

- a. Untuk campuran B.O + Bit.Asbuton (B.A)

Sesuai dengan kadar campurannya.

Contoh :

Campuran B.O dan B.A sebesar 10% untuk B.O dan untuk 90% untuk B.A (10 : 90) diberi nama 10.90 Demikian seterusnya , sampai 50 : 50 .

- b. Untuk campuran B.O + B.A + Asmin

Karena disini agak kompleks maka penamaan agak sedikit panjang yaitu menurut perbandingan B.O dan B.A , kadar B.O-B.A , dan kadar asmin.

Contoh :

10.90-30.70. ini artinya, bahwa didalam satu campuran itu terdapat 30% campuran B.O-B.A dimana B.O banding BA adalah 10 : 90 dengan asmin 70% dari total campuran.

3.5 PELAKSANAAN TEST PENETRASI

Pelaksanaan test penetrasi dilakukan terhadap

semua benda uji. Dilakukan pada suhu 25 C.

Ada 2 keadaan yaitu :

- sebelum TFO
- setelah TFO

3.6. PELAKSANAAN TEST VISCOSITAS

Pelaksanaan test viscositas dilakukan terhadap semua benda uji .

Ada 4 kondisi saat dilakukan test viscositas yaitu:

- sebelum TFO pada suhu 90 °C
- sebelum TFO pada suhu 135 °C
- setelah TFO pada suhu 90 °C
- setelah TFO pada suhu 135 °C

3.7. PELAKSANAAN THIN FILM OVEN TEST

Dilakukan terhadap semua benda uji untuk meniru keadaan lapangan dan setelah TFO bisa diketahui berapa persen kehilangan berat.

BAB IV

RINGKASAN HASIL TEST LABORATORIUM

4.1 HASIL PEMERIKSAAN MATERIAL

Hasil pemeriksaan material asbuton untuk pembuatan benda uji dilaboratorium CQCMU, Jakarta dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan 4.2

4.2 HASIL TEST BENDA UJI

Pengujian (testing) telah dilakukan terhadap 54 benda uji yang terbagi dalam 2 bagian , yaitu:

1. Dua puluh enam (26) untuk keadaan sebelum TFO .
2. dua puluh enam (26) untuk keadaan setelah TFO.

Pengujian tersebut ditujukan untuk mendapatkan hasil-hasil test Viscositas dan penetrasi, sebelum dan setelah TFO , prosentase kehilangan berat sesudah TFO.

1. Tabel 4.3 Hasil test Penetrasi B.O + Bit. Asbuton sebelum dan setelah TFO.
2. Tabel 4.4 Hasil test Viscositas B.O + Bit. Asbuton sebelum dan setelah TFO.

Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan bitumen asbuton

	Hasil
Penetrasi pada 25 °C	2 (* 0,1 mm)
Daktilitas	2 cm
Viscositas kinematis	
- pada 100 °C	229500 centipoises
- pada 150 °C	27350 centipoises

Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan asphalt minyak

	Hasil
Penetrasi	
- sebelum TFO	80 (* 0,1 mm)
- setelah TFO	65 (* 0,1 mm)
Daktilitas	> 110 cm
Viscositas	
- sebelum TFO pada T=90 °C	5870 centipoises
- sebelum TFO pada T=135 °C	288 centipoises
- setelah TFO pada T=90 °C	6903 centipoises
- setelah TFO pada T=135 °C	307,3 centipoises

3. Tabel 4.5 Hasil pemeriksaan Lost on Heating B.O + Bit.Asbuton setelah TFO.
4. Tabel 4.6 Hasil test Penetrasi B.O + Bit.Asbuton+ Asphalt minyak sebelum dan setelah TFO.
5. Tabel 4.7 Hasil test Viscositas B.O + Bit.Asbuton+ Asphalt minyak sebelum dan setelah TFO.
6. Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan Lost on Heating B.O + Bit.Asbuton + Asphalt minyak setelah TFO.
7. Tabel 4.9 Hasil test dengan adanya perbedaan temperatur pada waktu pencampuran.
 - A. Hasil dari campuran B.O + Bit.Asbuton pada temperatur 100 °C.
 - B. Hasil dari campuran B.O + Bit.Asbuton pada temperatur 150 °C.
 - C. Hasil dari campuran B.O + Bit.Asbuton+ Asphalt minyak pada temperatur 100 °C.
 - D. Hasil dari campuran B.O + Bit.Asbuton+ Asphalt minyak pada temperatur 150 °C.

Perlu diterangkan disini bahwa pelaksanaan pengukuran Viscositas pada campuran di Tabel 4.9 A sampai 4.9 D diatas adalah tetap pada suhu 90 °C dan 135 °C.

Suhu 100°C dan 150°C adalah suhu waktu mixingnya saja. Ini dilakukan untuk mengetahui apakah suhu pada waktu mixing besar pengaruhnya pada viscositas dan penetrasi campuran.

Tabel 4.3 Hasil test Penetrasi B.O + Bit. Asbuton (B.A)

Komposisi		Penetrasi (* 0,1 mm)	
B.O (%)	B.A (%)	sebelum TFO	setelah TFO
10	90	13	8
20	80	47	21
30	70	> 200	47
40	60	> 200	90
50	50	> 200	109

Tabel 4.4 Hasil test Viscositas B.O + Bitumen Asbuton (B.A)

Komposisi		Viscositas (poises)					
B.O (%)	B.A (%)	sebelum TFO			setelah TFO		
		60 °C	90 °C	135 °C	60 °C	90 °C	135 °C
10	90	-	1029.76	22.96	-	2603.6	41.42
20	80	-	212.18	7.09	-	618.96	16.72
30	70	598.04	36.23	2.54	-	200.79	7.66
40	60	213.68	15.96	1.395	-	108.84	4.99
50	50	43.17	4.69	0.58	-	48.41	2.38

Tabel 4.5 Hasil pemeriksaan Lost on Heating

(LOH) B.O + Bit. Asbuton (B.A)

Komposisi		LOH (%)
B.O (%)	B.A (%)	
10	90	2
20	80	3,69
30	70	5,89
40	60	10,77
50	50	12,05

Tabel 4.6 Hasil test Penetrasi B.O + B.A + Asmin

A. Sebelum TFO

Komposisi (%)		Penetrasi (* 0,1 mm)				
		Ratio B.O : B.A				
B.O + B.A	Asmin	10 : 90	20 : 80	30 : 70	40 : 60	50 : 50
30	70	39	71	129	>200	>200
50	50	24	59	150	>200	>200
70	30	17	56	200	>200	>200

B. Setelah TFO

Komposisi (%)		Penetrasi (* 0,1 mm)				
		Ratio B.O : B.A				
B.O + B.A	Asmin	10 : 90	20 : 80	30 : 70	40 : 60	50 : 50
30	70	27	41	43	66	86
50	50	16	28	43	63	91
70	30	11	24	35	56	95

Tabel 4.7 Hasil test Viscositas B.O + B.A + Asmin

A. Sebelum TFO pada $T=60^{\circ}\text{C}$

Komposisi (%)		Viscositas (poises)				
BO+BA	Asmin	Ratio B.O : B.A				
		10:90	20:80	30:70	40:60	50:50
30	70	-	-	-	-	302,6
50	50	-	-	-	-	161,45
70	30	-	-	-	276,91	86,69

B. Sebelum TFO pada $T=90^{\circ}\text{C}$

Komposisi (%)		Viscositas (poises)				
BO+BA	Asmin	Ratio B.O : B.A				
		10:90	20:80	30:70	40:60	50:50
30	70	127,16	78,20	49,27	34,16	20,54
50	50	243,26	108,05	42,85	25,34	12,06
70	30	425,54	135,65	38,37	19,12	8,37

C. Sebelum TFO pada $T=135^{\circ}\text{C}$

Komposisi (%)		Viscositas (poises)				
BO+BA	Asmin	Ratio B.O : B.A				
		10:90	20:80	30:70	40:60	50:50
30	70	4,78	3,61	2,64	1,93	1,48
50	50	7,35	4,44	2,50	1,68	1,08
70	30	11,47	5,79	2,32	1,50	0,83

C. Setelah TFO pada $T=90^{\circ}\text{C}$

Komposisi (%)		Viscositas (poises)				
BO+BA	Asmin	Ratio B.O : B.A				
		10:90	20:80	30:70	40:60	50:50
30	70	196,23	127,48	69,94	74,40	54,62
50	50	424,16	225,38	133,94	83,40	48,09
70	30	816,66	333,03	194,75	100,37	45,78

D. Setelah TFO pada $T=135^{\circ}\text{C}$

Komposisi (%)		Viscositas (poises)				
BO+BA	Asmin	Ratio B.O : B.A				
		10:90	20:80	30:70	40:60	50:50
30	70	6,22	4,89	2,63	3,62	4,18
50	50	10,63	7,36	4,89	3,86	2,64
70	30	18,29	10,41	5,98	4,04	2,14

Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan Lost on Heating dari

B.O + Bitumen Asbuton + Asmin

Komposisi (%)		Lost on Heating (%)				
BO+BA	Asmin	Ratio B.O : B.A				
		10:90	20:80	30:70	40:60	50:50
30	70	0,80	1,15	1,75	2,65	3,60
50	50	1,30	2,22	2,89	4,32	6,25
70	30	1,60	2,94	4,21	8,84	7,96

Tabel 4.9 Hasil pemeriksaan dengan adanya perbedaan
Temperatur pada waktu pencampuran.

A. Untuk $T=100^{\circ}\text{C}$ pada sample 30.70

	Hasil
Penetrasi pada 25°C	
- sebelum TFO	200 (* 0,1 mm)
- setelah TFO	40 (* 0,1 mm)
Viscositas	
- sebelum TFO pada $t=60^{\circ}\text{C}$	616,12 poises
- sebelum TFO pada $t=90^{\circ}\text{C}$	37,00 poises
- sebelum TFO pada $t=135^{\circ}\text{C}$	2,59 poises
- setelah TFO pada $t=90^{\circ}\text{C}$	222,46 poises
- setelah TFO pada $t=135^{\circ}\text{C}$	8,53 poises
Lost on Heating	5,60 %

B. Untuk T=150 °C pada sample 30.70

	Hasil
Penetrasi pada 25 °C	
- sebelum TFO	200 (* 0,1 mm)
- setelah TFO	40 (* 0,1 mm)
Viscositas	
- sebelum TFO pada t=60 °C	634,06 poises
- sebelum TFO pada t=90 °C	39,86 poises
- sebelum TFO pada t=135 °C	2,64 poises
- setelah TFO pada t=90 °C	212,34 poises
- setelah TFO pada t=135 °C	8,08 poises
Lost on Heating	5,40 %

C. Untuk $T=100^{\circ}\text{C}$ pada sample 30.70-50.50

	Hasil
Penetrasi pada 25°C	
- sebelum TFO	145 (* 0,1 mm)
- setelah TFO	53 (* 0,1 mm)
Viscositas	
- sebelum TFO pada $t=60^{\circ}\text{C}$	- poises
- sebelum TFO pada $t=90^{\circ}\text{C}$	45,36 poises
- sebelum TFO pada $t=135^{\circ}\text{C}$	2,60 poises
- setelah TFO pada $t=90^{\circ}\text{C}$	110,43 poises
- setelah TFO pada $t=135^{\circ}\text{C}$	4,60 poises
Lost on Heating	2,80 %

D. Untuk T=150 °C pada sample 30.70-50.50

	Hasil
Penetrasi pada 25 °C	
- sebelum TFO	141 (* 0,1 mm)
- setelah TFO	53 (* 0,1 mm)
Viscositas	
- sebelum TFO pada t=60 °C	- poises
- sebelum TFO pada t=90 °C	45,91 poises
- sebelum TFO pada t=135 °C	2,70 poises
- setelah TFO pada t=90 °C	120,52 poises
- setelah TFO pada t=135 °C	4,80 poises
Lost on Heating	3,00 %

BAB V

ANALISA HASIL TEST LABORATORIUM

5.1 BUNKER OIL DAN BITUMEN ASBUTON

Dari Tabel 4.1 , Bitumen asbuton mempunyai penetrasi yang sangat rendah dan viscositas yang sangat tinggi. Hal ini jelas tidak memenuhi syarat sebagai bahan perkerasan jalan. Dimana oleh James (1987) dalam penelitiannya di laboratorium CECMU Jakarta, menyimpulkan bahwa penetrasi, pada awal umur perkerasan antara 70 - 200.

Dari Tabel 4.2 , Asmin yang dipakai adalah asmin dengan penetrasi 80 - 100 , dari hasil laboratorium diperoleh hasil asmin 80 - 100 memenuhi syarat yaitu penetrasi awal adalah 80 dan setelah ageing (TFD) adalah 65. Oleh James (1987) disyaratkan bahwa penetrasi setelah ageing , minimal 40.

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bila yang dipakai hanya BO dan BA saja, campuran yang memenuhi syarat adalah komposisi BO minimal 30% dari total campuran BO + BA , atau BO minimal 40% dari bitumen asbuton. Hal ini sesuai dengan hasil dari Corne (1983), bahwa kadar BO optimum sekitar 30% dari jumlah

bitumen asbuton. Hasil ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Mulyadi (1982) yang mana campuran BO sebanyak itu cukup untuk memberikan penetrasi awal campuran sekitar 70. Hasil yang hampir serupa juga diberikan oleh Tjitjik dan Sastramihardja (1982) dimana campuran BO sebanyak 35% dari bahan bitumen asbuton menghasilkan penetrasi awal sebesar 68 atau oleh Mochtar (1988) bahwa kadar BO minimal adalah 50% dari jumlah bitumen dalam asbuton .

Untuk viscositas campuran BO + BA , dapat di gambar hubungan seperti pada Gambar 5.1 untuk keadaan sebelum TFO dan Gambar 5.2 untuk keadaan setelah TFO. Jelas terlihat bahwa hubungan viscositas adalah linier terhadap temperatur , bila viscositas digambarkan dalam skala log. Jadi secara umum hubungan viscositas dan temperatur campuran dapat digambarkan sbb:

$$V = a e^{bT}$$

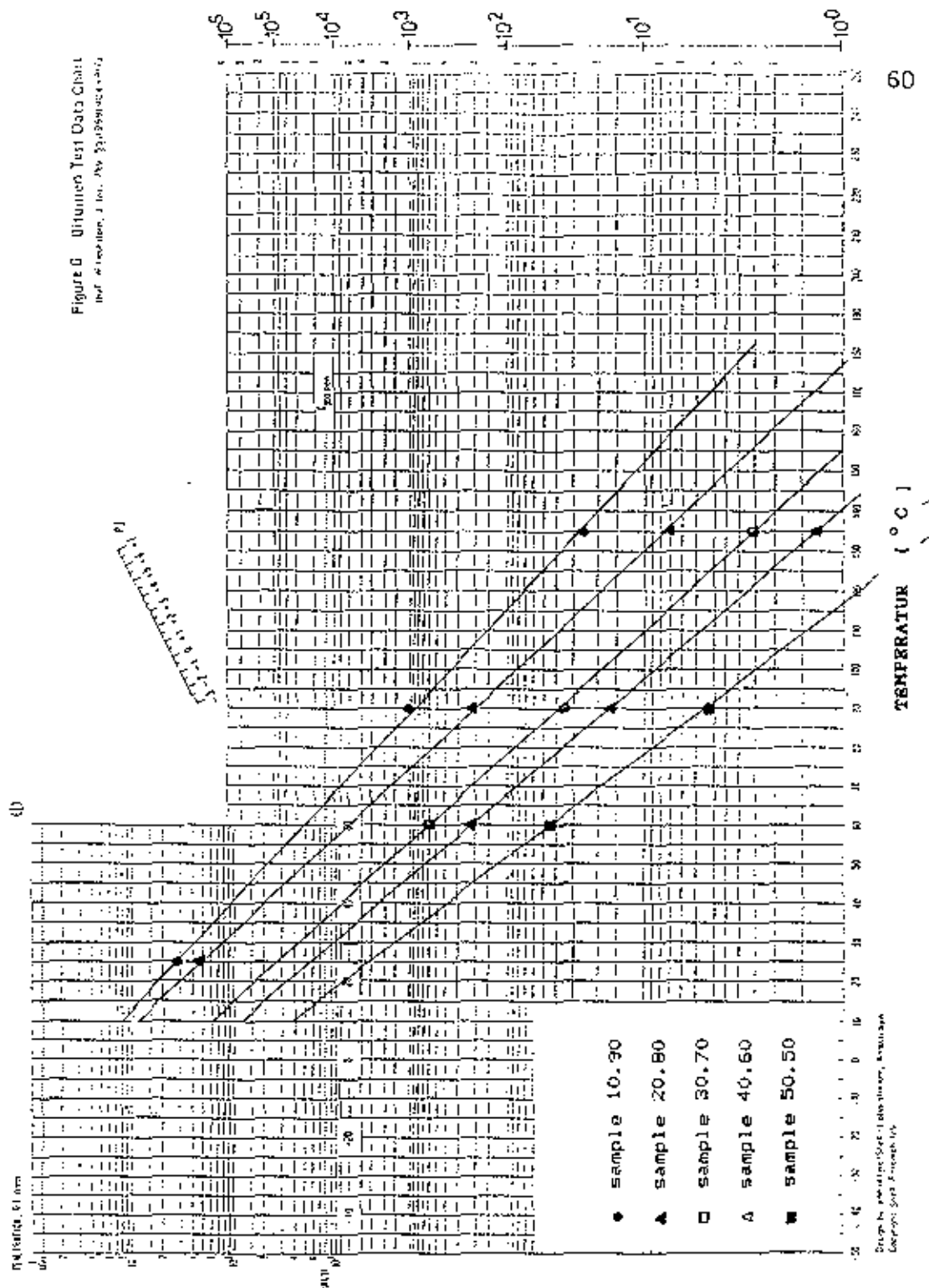
dimana V = Viscositas dalam poise

e = bil. alam yang besarnya 2,718281828

T = temperatur dalam $^{\circ}C$

a & b = konstanta yang tergantung pada jenis komposisi campurannya.

Figure 6. Unimodal Test Data Chart
 100% Completion, 1 hr. Age 22,125,400, 4, 2012



Gambar 5.1 Grafik hubungan Viscositas , Penetrasi, dan Temperatur pada campuran B0 dan 8A, sebelum TFO.

Figure 5 Bitumen Test Data Chart
 500 mm specimen, 1 mm No. 20 (0.85 mm) sieve

Legend:

- sample 10.90
- ▲ sample 20.80
- sample 30.70
- △ sample 40.60
- sample 50.50

Temperature (°C)

R100/100, 0.5 mm

61

Hasil a dan b dapat dilihat pada Tabel 5.1

Contoh :

Untuk sample 10.90 sebelum TFO pada suhu 90^o C

$$\begin{aligned} V &= 2071401 e^{-0.084518 \times 90} \\ &= 1029.796 \text{ poises} \end{aligned}$$

Dari Tabel 4.4 hasil yang diperoleh 1029.76 poises

Dengan perumusan ini berapapun harga T (temperatur) yang diinginkan, viscositasnya dapat dicari. Demikian seterusnya untuk komposisi yang lain.

Lost on Heating adalah kehilangan berat pada saat TFO . Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar BO-nya maka Lost on Heatingnya semakin besar, hal ini dikarenakan makin banyak yang menguap. Besarnya Lost on Heating ini sangat mempengaruhi besarnya penetrasi yang didapat setelah ageing (TFO). Semakin besar Lost on Heating, penurunan penetrasi setelah TFO akan semakin besar pula.

5.2. BUNKER OIL, BITUMEN ASBUTON, DAN ASMIN

Untuk campuran BO + BA + Asmin , dari Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa penetrasi yang memenuhi syarat, baik sebelum TFO maupun setelah TFO , untuk perkerasan jalan adalah sample 20.80.30.70 dan 30.70.30.70. sampai 50.50.70.30. dimana :

Tabel 5.1. Harga a dan b pada campuran BO + BA

A. Sebelum TFO

sample	harga a	harga b
10.90	2071401.00	-0.084518
20.80	190029.60	-0.075528
30.70	162277.70	-0.093390
40.60	38039.88	-0.086654
50.50	3599.96	-0.073726

A. Setelah TFO

sample	harga a	harga
10.90	4561873000.00	-0.1341529
20.80	848233.20	-0.0802541
30.70	137964.90	-0.0725833
40.60	51780.26	-0.0684987
50.50	20028.65	-0.0694681

- pen 100 sampai 120 untuk jalan - jalan gang
- pen 80 sampai 100 untuk lalu lintas sedang ringan.
- pen 60 sampai 70 untuk lalu lintas berat.

Viscositas untuk campuran EO + BA + Asmin dapat digambar seperti pada Gambar 5.3 sampai dengan Gambar 5.12. Seperti pada alinea 4, hubungan antara viscositas dan temperatur adalah :

$$V = a e^{\frac{bT}{c}}$$

Harga-harga a dan b dapat dilihat pada Tabel 5.2 sampai dengan Tabel 5.6.

Contoh :

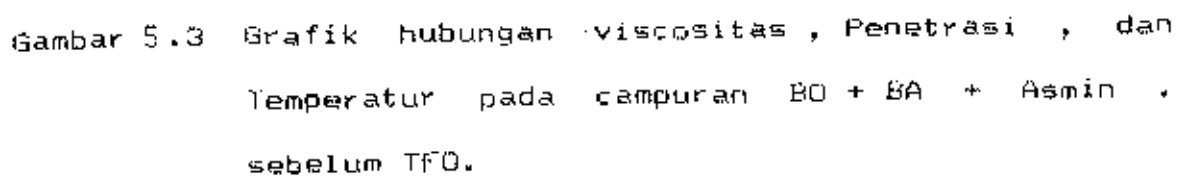
Untuk sample 10.90-30.70 pada $T = 90^{\circ}C$

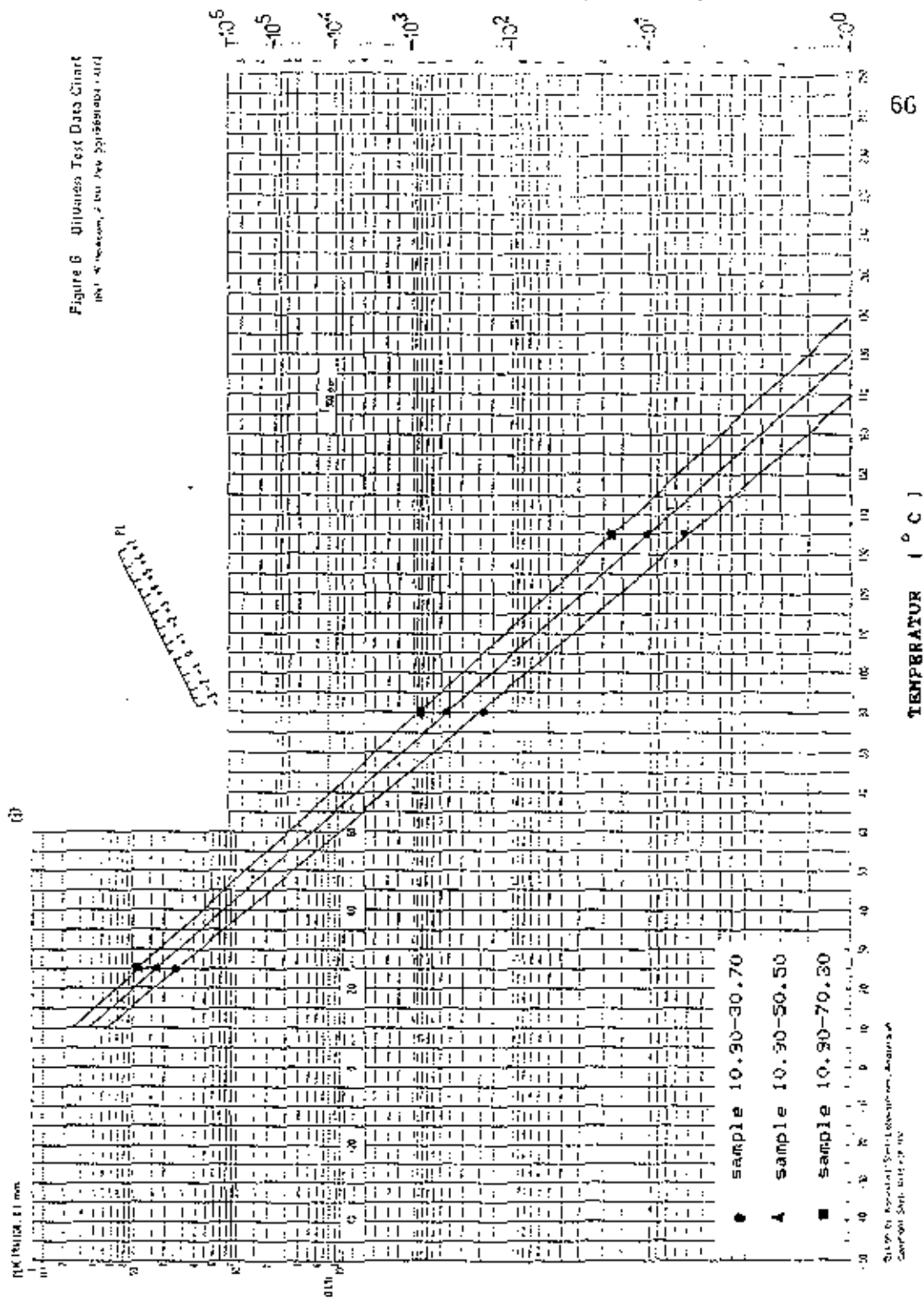
$$\begin{aligned} V &= 89990.30 e^{-0.07291123 \times 90} \\ &= 127.16 \text{ poises} \end{aligned}$$

Dari Tabel 4.7 B hasilnya adalah 127.16 poises .

Demikian seterusnya untuk komposisi dan temperatur yang lain.

Seperti pada tabel 4.3 dari Tabel 4.7 dapat dilihat pengaruh asmin pada tiap-tiap campuran. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan ditambahkan asmin , kehilangan berat akibat TFO berkurang , sehingga pengaruhnya terhadap penetrasi setelah ageing turunnya tidak begitu banyak, bahkan





Gambar 5.4 Grafik hubungan viscositas , Penetrasi , dan Temperatur pada campuran BO + BA + Asmin , setelah TFO.

Tabel 5.2. Harga a dan b pada campuran 10.90

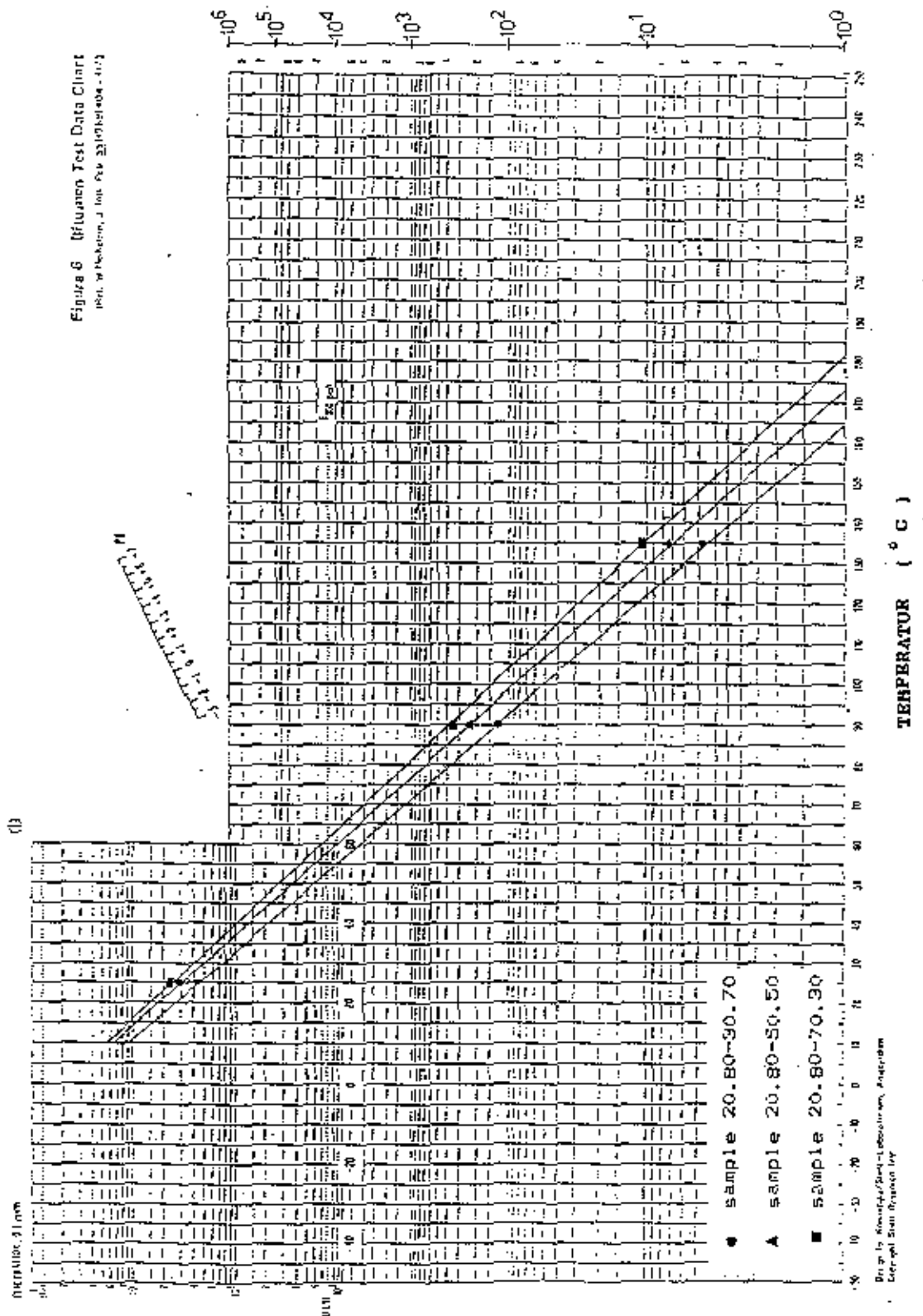
A. Sebelum TFO

Sample	harga a	harga b
10.90-30.70	89990.30	-0.07291123
10.90-50.50	266463.30	-0.07776513
10.90-70.30	585725.70	-0.08030275

B. Setelah TFO

Sample	harga a	harga b
10.90-30.70	209890.80	-0.07750062
10.90-50.50	675340.50	-0.08192068
10.90-70.30	1628158.00	-0.08441931

Figura 6 (Bijuanen Test Data Chart
1961, by Petroleum, J. Inc. 659 3310141-404-117)



Gambar 5.6 Grafik hubungan viscositas , Penetrasi , dan Temperatur pada campuran 80 + 8A + Asmin , setelah TFO.

Tabel 5.3. Harga a dan b pada campuran 20.80

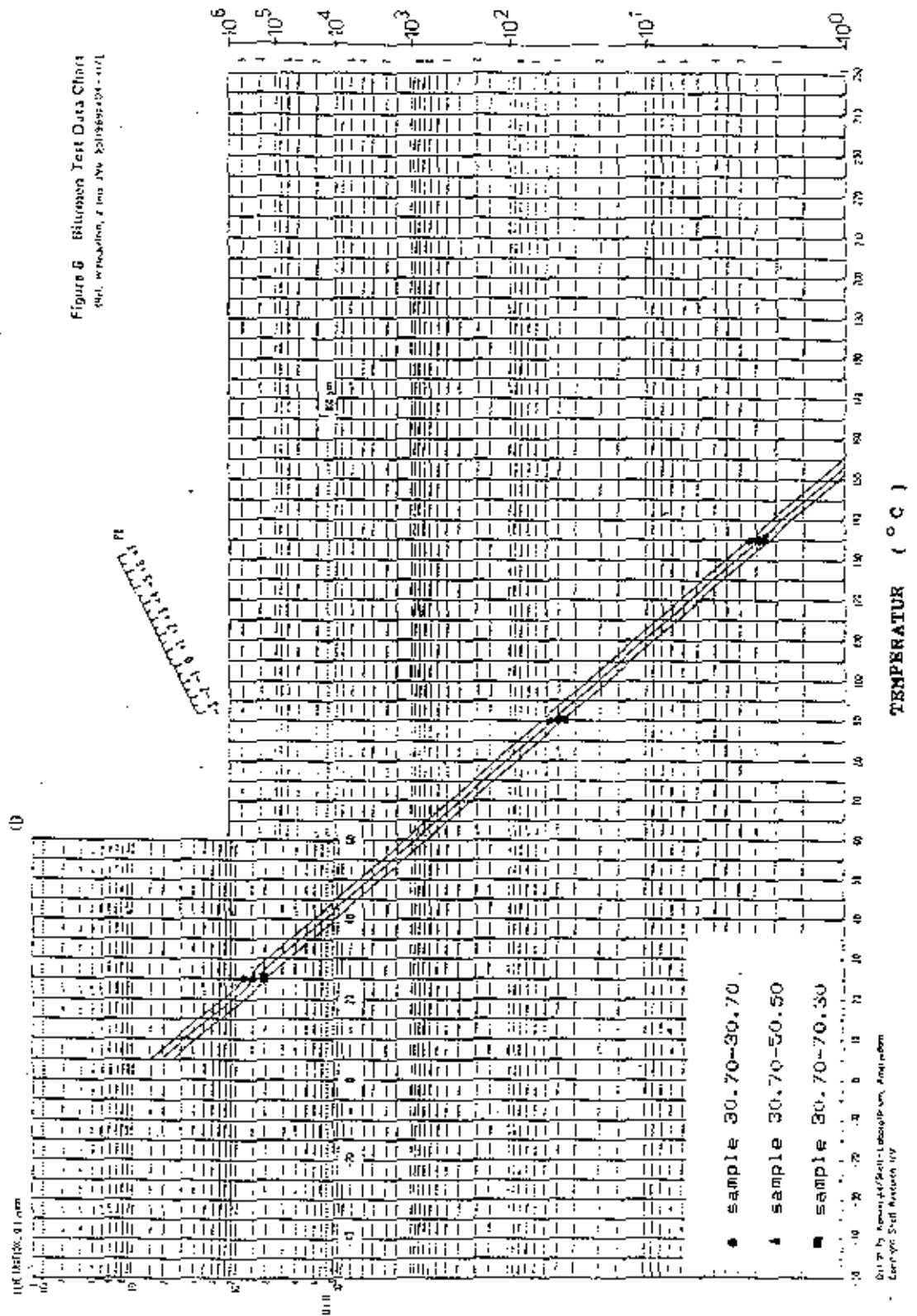
A. Sebelum TFO

Sample	harga a	harga b
20.80-30.70	36694.96	-0.06834584
20.80-50.50	63989.52	-0.07093200
20.80-70.30	74455.38	-0.07008768

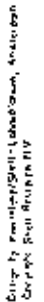
B. Setelah TFO

Sample	harga a	harga b
20.80-30.70	86638.00	-0.07246149
20.80-50.50	211344.30	-0.07603841
20.80-70.30	340838.50	-0.07701035

Figure 6. Bilirubin Test Data Chart



Gambar 5.7 Grafik hubungan viscositas , Penetrasi , dan Temperatur pada campuran BO + BA + Asmin , sebelum TFO.



Gambar 5.0 Grafik hubungan viscositas , Penetrasi , dan Temperatur pada campuran MD + BA + Asmin , setelah TFO.

Tabel 5.4. Harga a dan b pada campuran 30.70

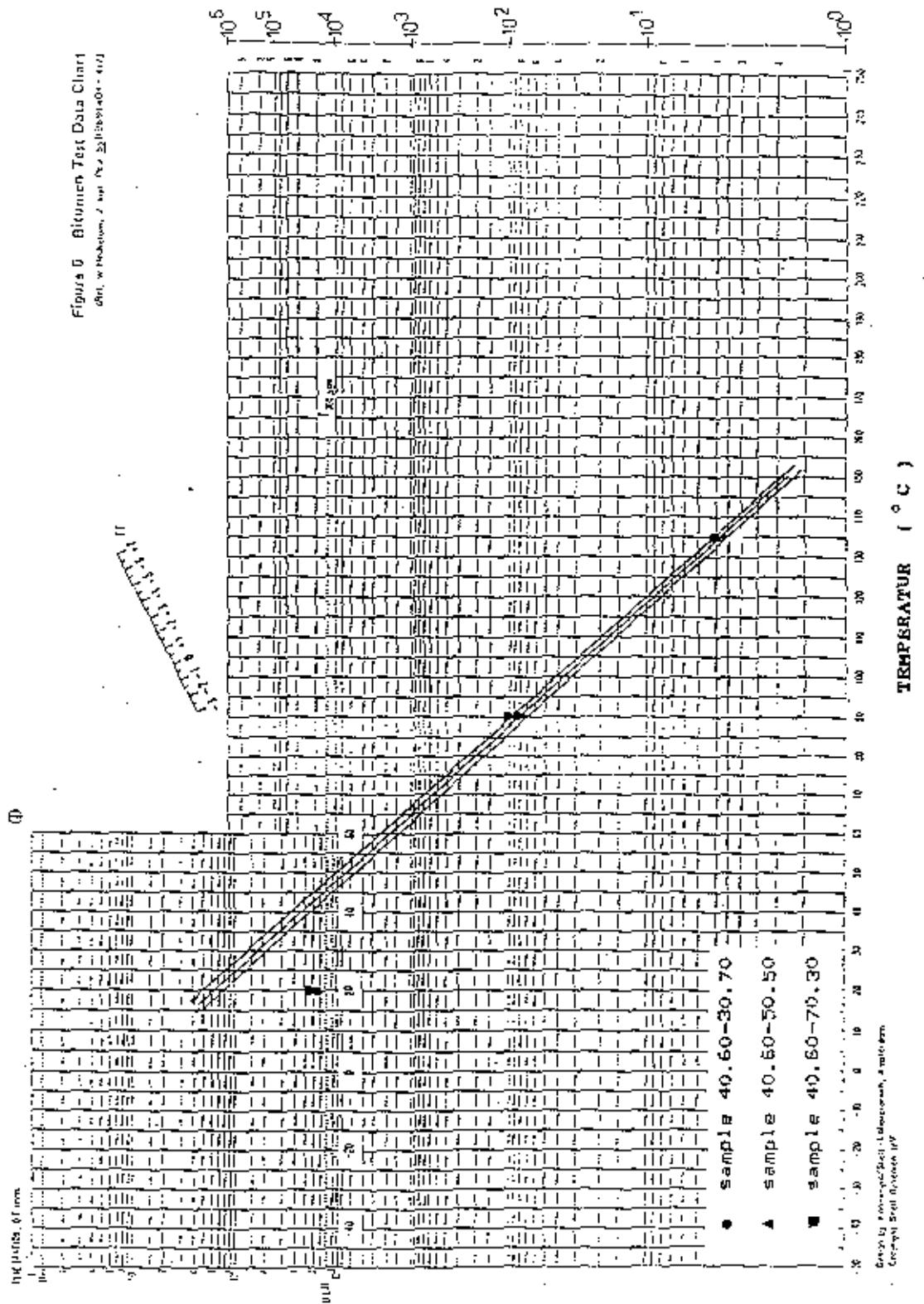
A. Sebelum TFO

Sample	harga a	harga b
30.70-30.70	17160.88	-0.06503415
30.70-50.50	12579.65	-0.06313738
30.70-70.30	10495.42	-0.06234910

A. Setelah TFO

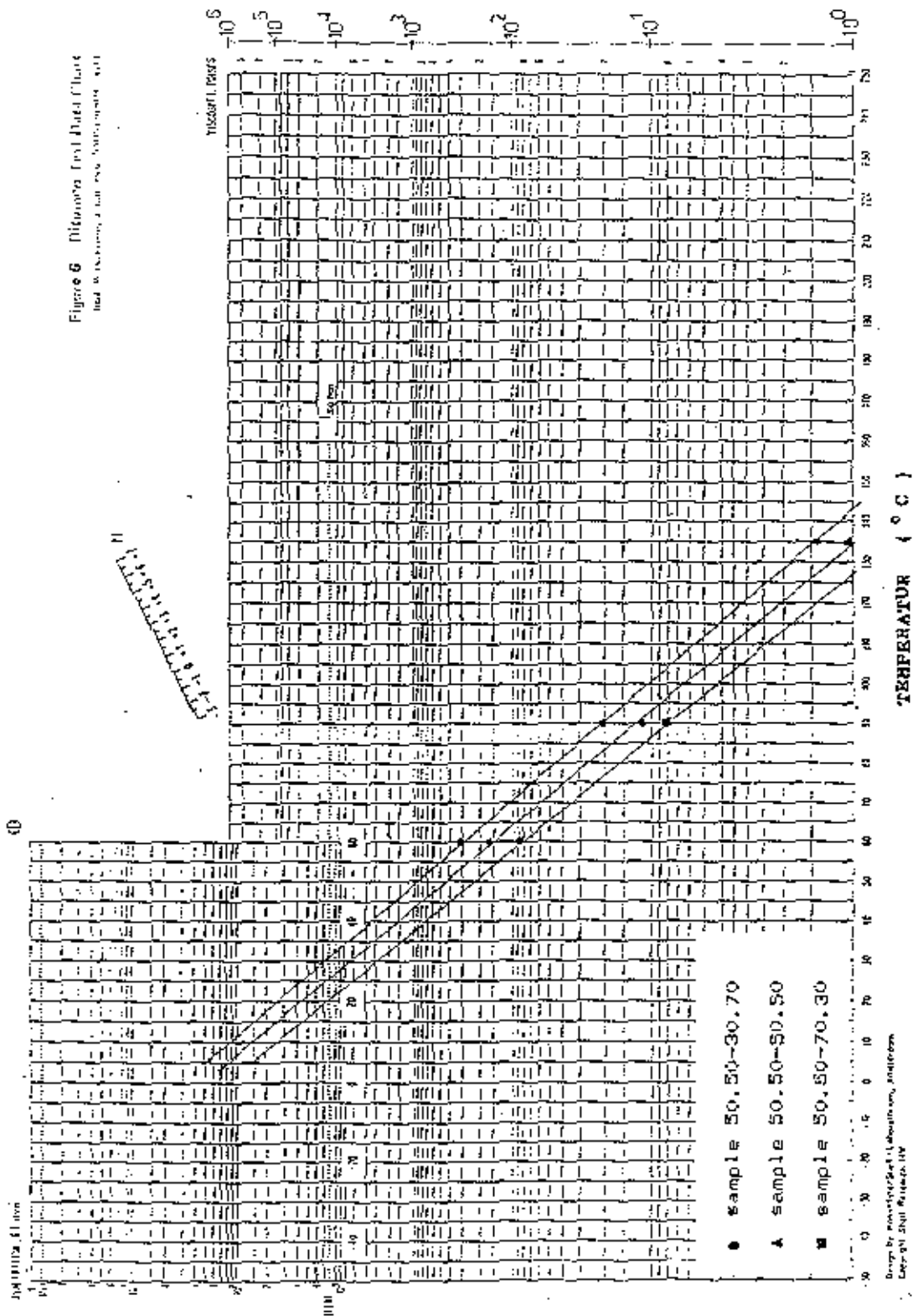
Sample	harga a	harga b
30.70-30.70	49461.35	-0.07290343
30.70-50.50	100487.70	-0.07356000
30.70-70.30	206520.30	-0.07740544

VISCOSITAS, (POISES)

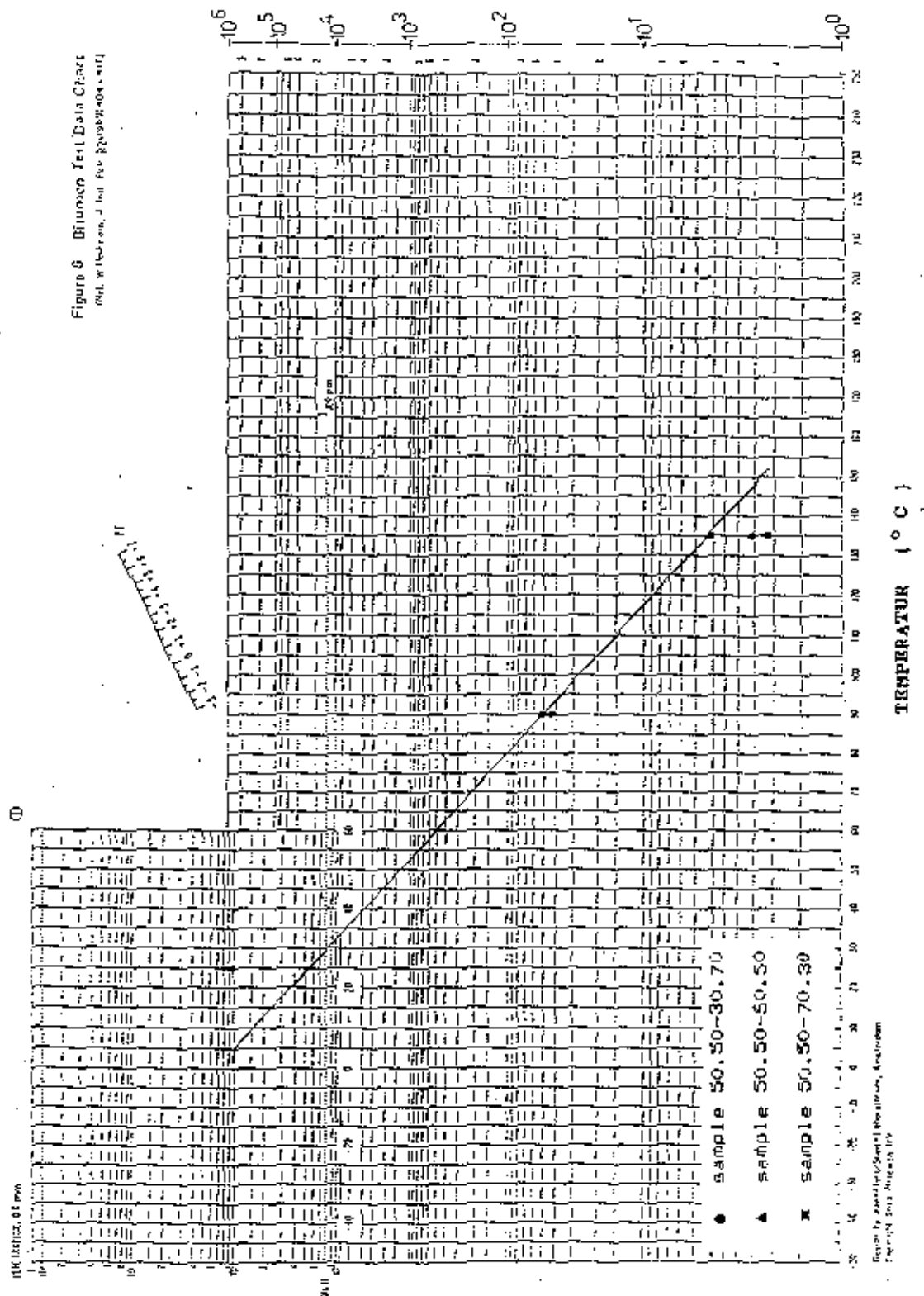


Gambar 5.10 Grafik hubungan viscositas , Penetrasi , dan Temperatur pada campuran BQ + BA + Asmin , setelah YFD.

Figure 5 Diffracta Test Data Chart
Used with Rheovibron, a full size Rheovibrometer with



Gambar 5.11 Grafik hubungan viscositas , Penetrasi , dan Temperatur pada campuran BQ + BA + Asmin , sebelum TFO.



Tabel 5.6. Harga a dan b pada campuran 50.50

A. Sebelum TFO

Sample	harga a	harga b
50.50-30.70	65359.42	-0.08958753
50.50-50.50	28730.09	-0.06572560
50.50-70.30	9202.68	-0.07774901

A. Setelah TFO

Sample	harga a	harga b
50.50-30.70	9326.15	-0.05711309
50.50-50.50	15957.19	-0.06449545
50.50-70.30	20950.75	-0.06806759

sampai dengan Gambar 5.16. untuk masing-masing temperatur. Telah dicoba bermacam-macam fungsi yang cocok untuk menggambarkan hubungan antara % BO-BA dan % asmin dan viscositas. Hubungan yang telah

dicoba adalah : - $Y = a + bx + cx^2$

$$- Y = a e^{bx}$$

$$- Y = a x^b$$

ternyata dari hubungan - hubungan diatas yang paling

mendekati adalah $Y = a e^{bx}$ atau

$$V = a e^{bx}$$

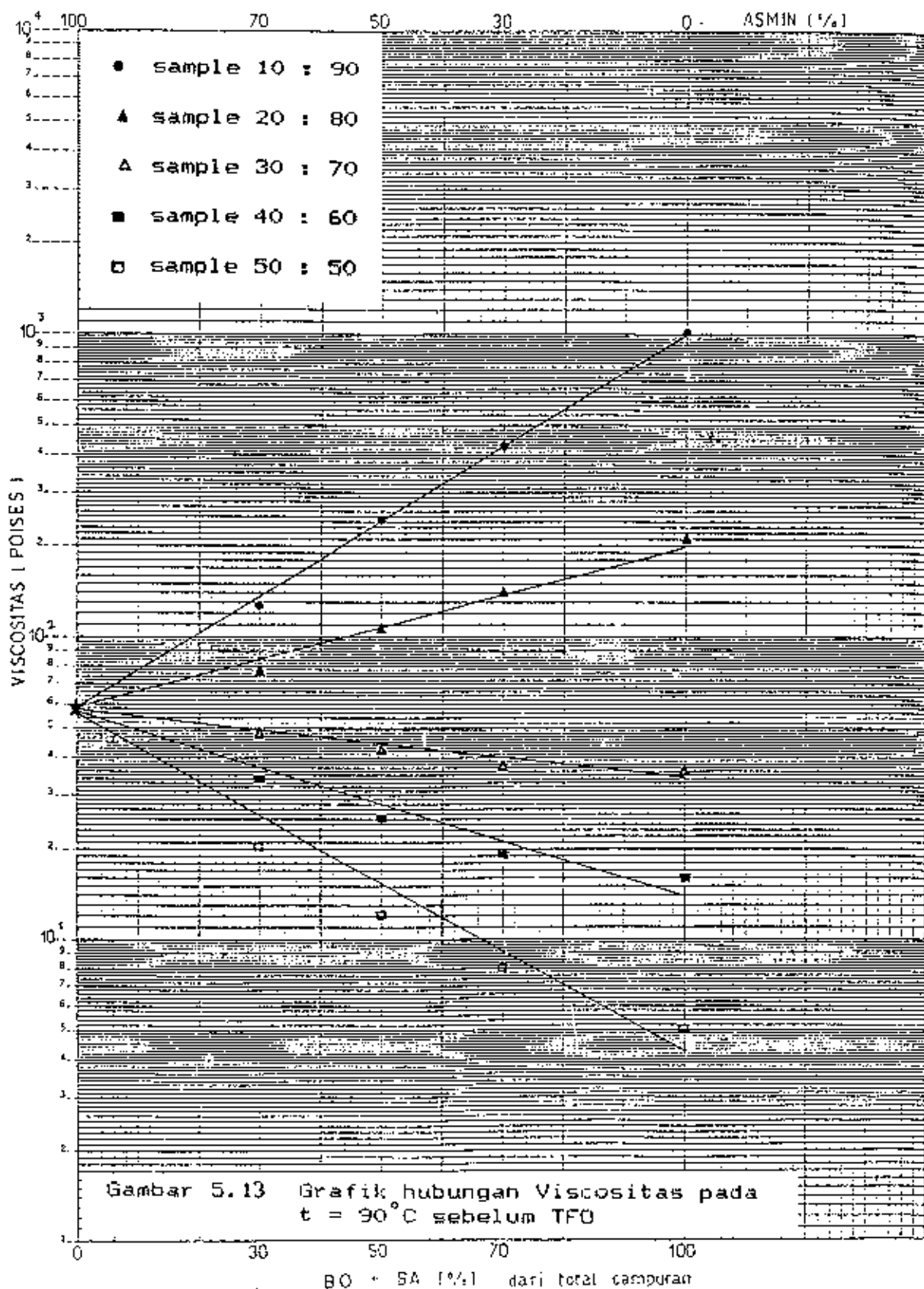
dimana $V = \text{Viscositas}$ dalam poise

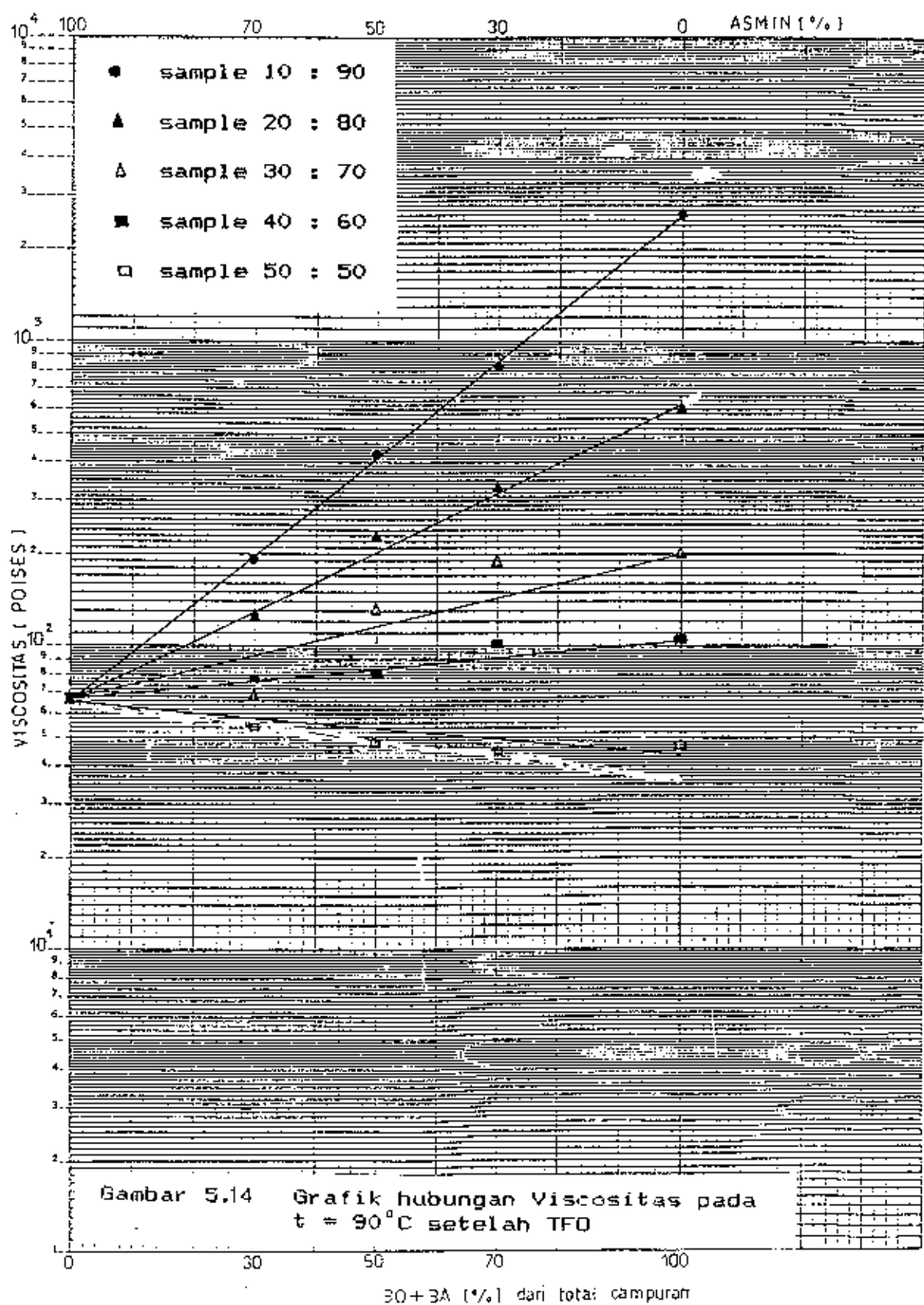
$$e = 2.718281828$$

$$x = \text{BO} + \text{BA} \quad \text{dalam \%}$$

a & b = konstanta yang tergantung pada jenis campuran

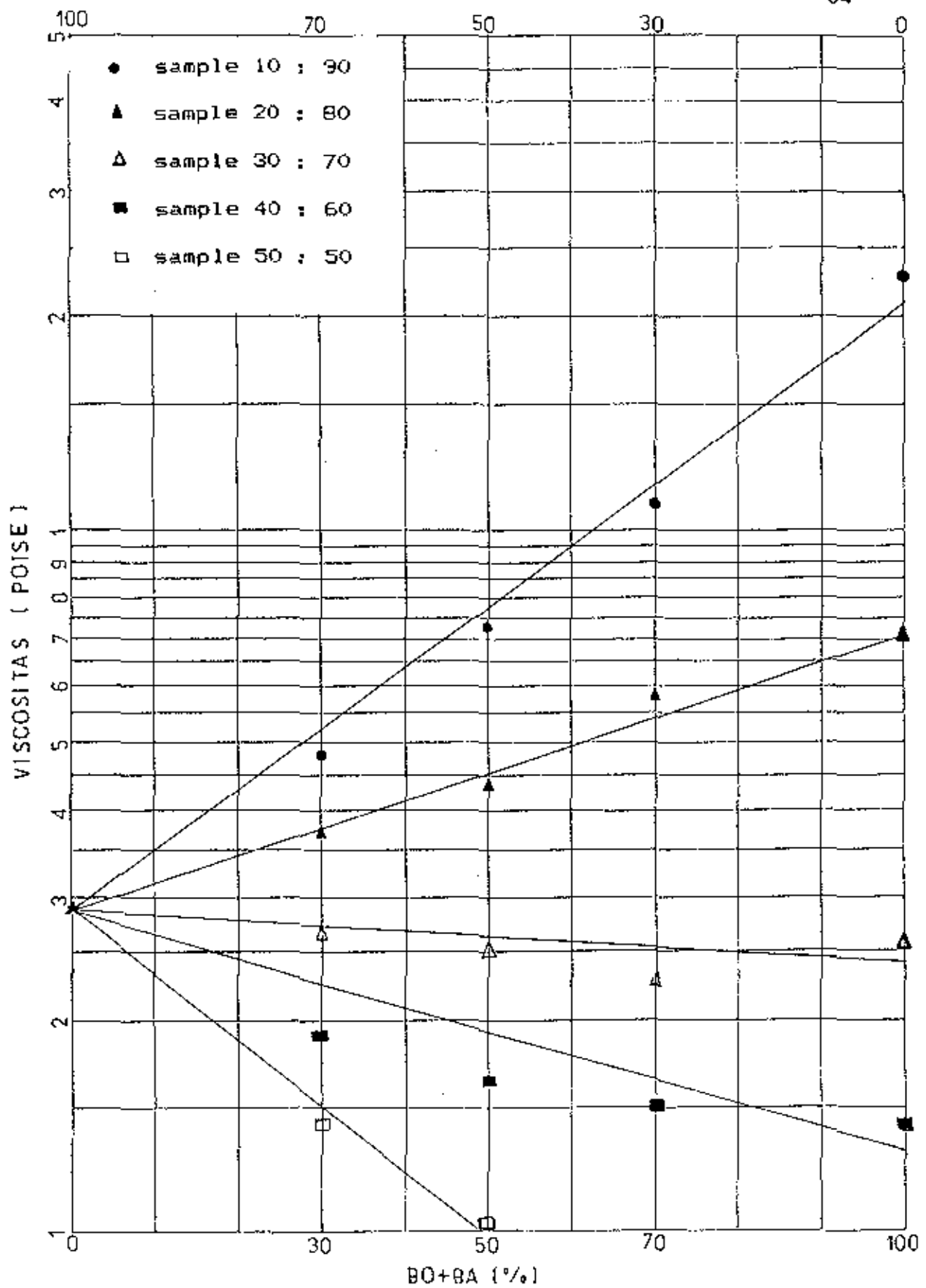
Pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 dapat dilihat harga-harga a dan harga b untuk masing-masing temperatur pada kondisi sebelum dan setelah TFO. Dari Tabel tersebut didapat rata-rata harga a , dimana harga a ini dianggap konstan.



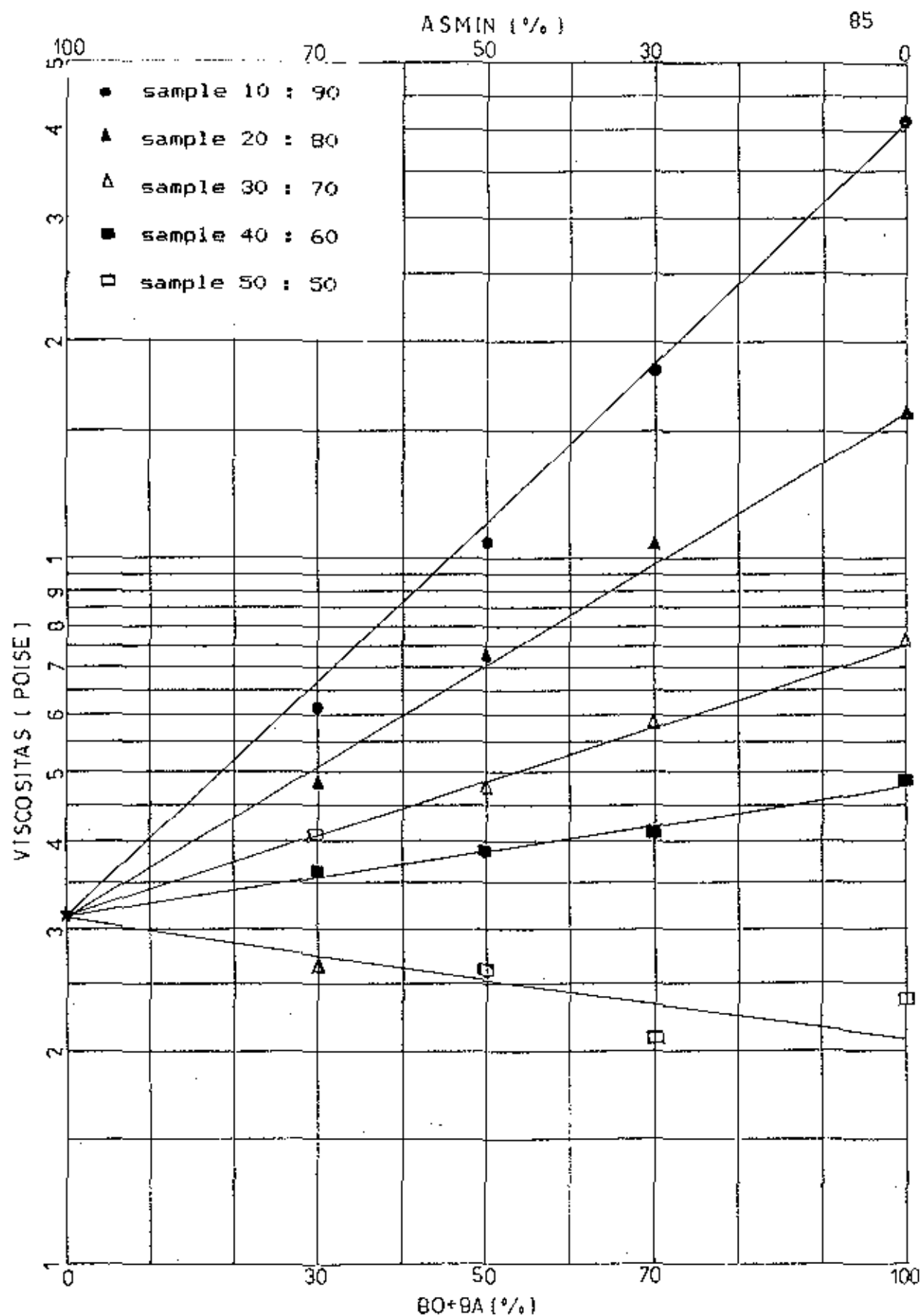


ASMIN (%)

84



Gambar 5.15 Grafik hubungan Viscositas pada $t = 135^{\circ}\text{C}$ sebelum TFO



Gambar 5.16 Grafik hubungan Viscositas pada $t = 135^{\circ}\text{C}$ setelah TFO

Tabel 5.7. Harga a dan b pada $t = 90^{\circ}\text{C}$ A. Sebelum TFO pada $T = 90^{\circ}\text{C}$

Rasio BO : BA	harga a	harga b
10:90	55.12131	0.029273
20:80	53.92802	0.013609
30:70	57.80024	-0.005303
40:60	57.46337	-0.015402
50:50	58.19426	-0.031478

B. Setelah TFO pada $T = 90^{\circ}\text{C}$

Rasio BO : BA	harga a	harga b
10:90	60.98117	0.037526
20:80	74.05061	0.021277
30:70	71.89791	0.011106
40:60	66.91276	0.005003
50:50	65.01992	-0.004241

Tabel 5.0. Harga a dan b pada $t = 135^{\circ}\text{C}$ A. Sebelum TFO pada $T=135^{\circ}\text{C}$

Rasio BO : BA	harga a	harga b
10:90	2.433353	0.022405
20:80	2.850912	0.009280
30:70	2.790137	-0.001690
40:60	2.731842	-0.008373
50:50	2.820251	-0.018473

B. Setelah TFO pada $T=135^{\circ}\text{C}$

Rasio BO : BA	harga a	harga b
10:90	2.764376	0.027061
20:80	3.122583	0.016843
30:70	2.628281	0.010879
40:60	3.061959	0.004668
50:50	3.539008	-0.004306

Harga a rata-rata sebelum TFO

- pada $t = 90^{\circ}\text{C}$ adalah 56.50
- pada $t = 135^{\circ}\text{C}$ adalah 2.725299

Harga a rata-rata setelah TFO

- pada $t = 90^{\circ}\text{C}$ adalah 67.772474
- pada $t = 135^{\circ}\text{C}$ adalah 3.0232414

Karena harga b juga merupakan fungsi, maka untuk harga-harga b sendiri, bisa dibuat grafik linier terhadap $BQ : BA$, seperti terlihat pada Gambar 5.17 sampai Gambar 5.20. Terdapat persamaan untuk harga b, dimana x adalah $BQ : BA$.

Dari gabungan keduanya, dapat disimpulkan hubungan antara viscositas yang ada untuk tiap-tiap temperatur adalah :

- sebelum TFO pada $t = 90^{\circ}\text{C}$

$$V = 56.5 e^{bX}$$

$$b = 43.29 - 1.505 X$$

- sebelum TFO pada $t = 135^{\circ}\text{C}$

$$V = 2.7253 e^{bX}$$

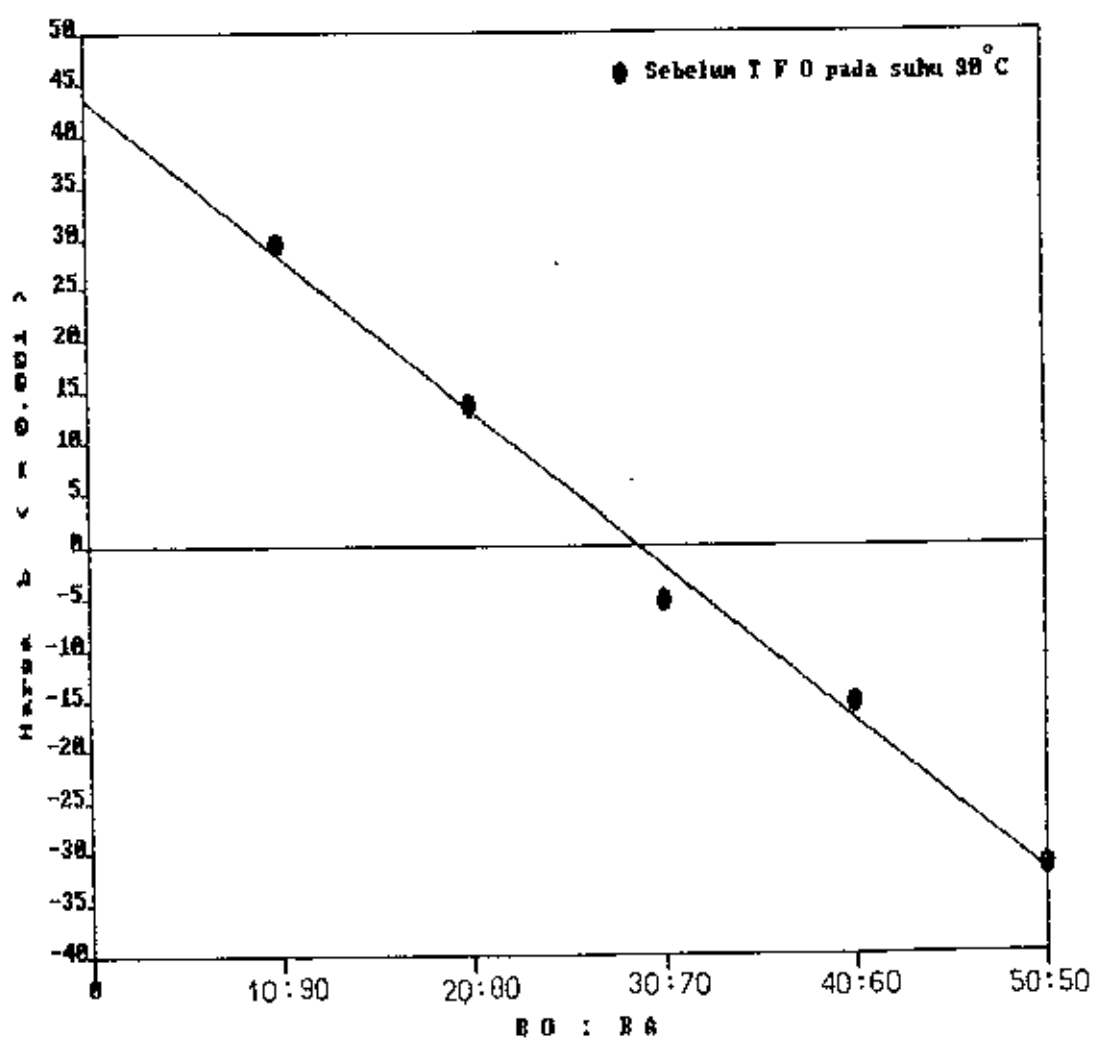
$$b = 30.45 - 0.994 X$$

- setelah TFO pada $t = 90^{\circ}\text{C}$

$$V = 67.7724 e^{bX}$$

$$b = 44.08 - 0.998 X$$

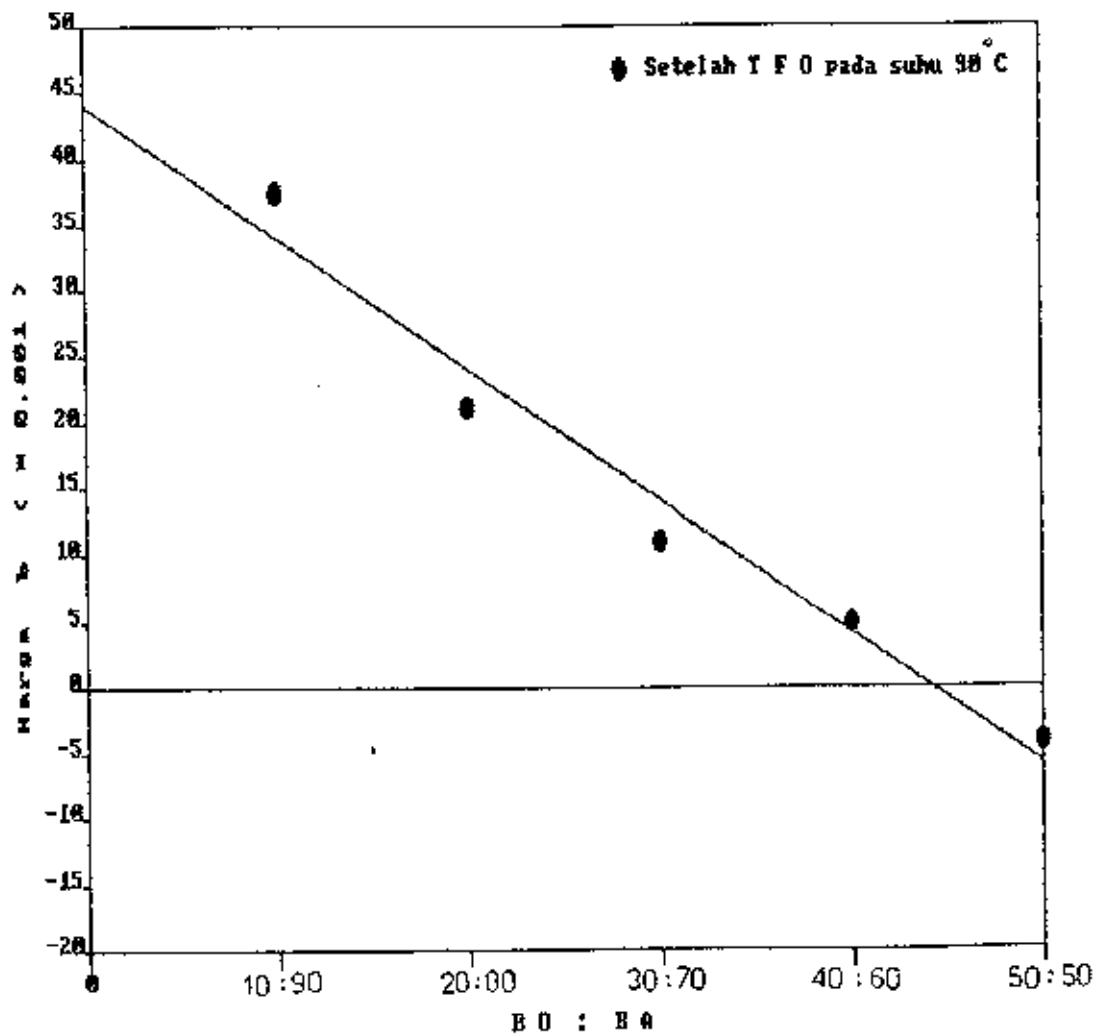
Gambar 5.17 Grafik harga b terhadap BO-BA
pada $t = 90^{\circ}\text{C}$, sebelum TFO



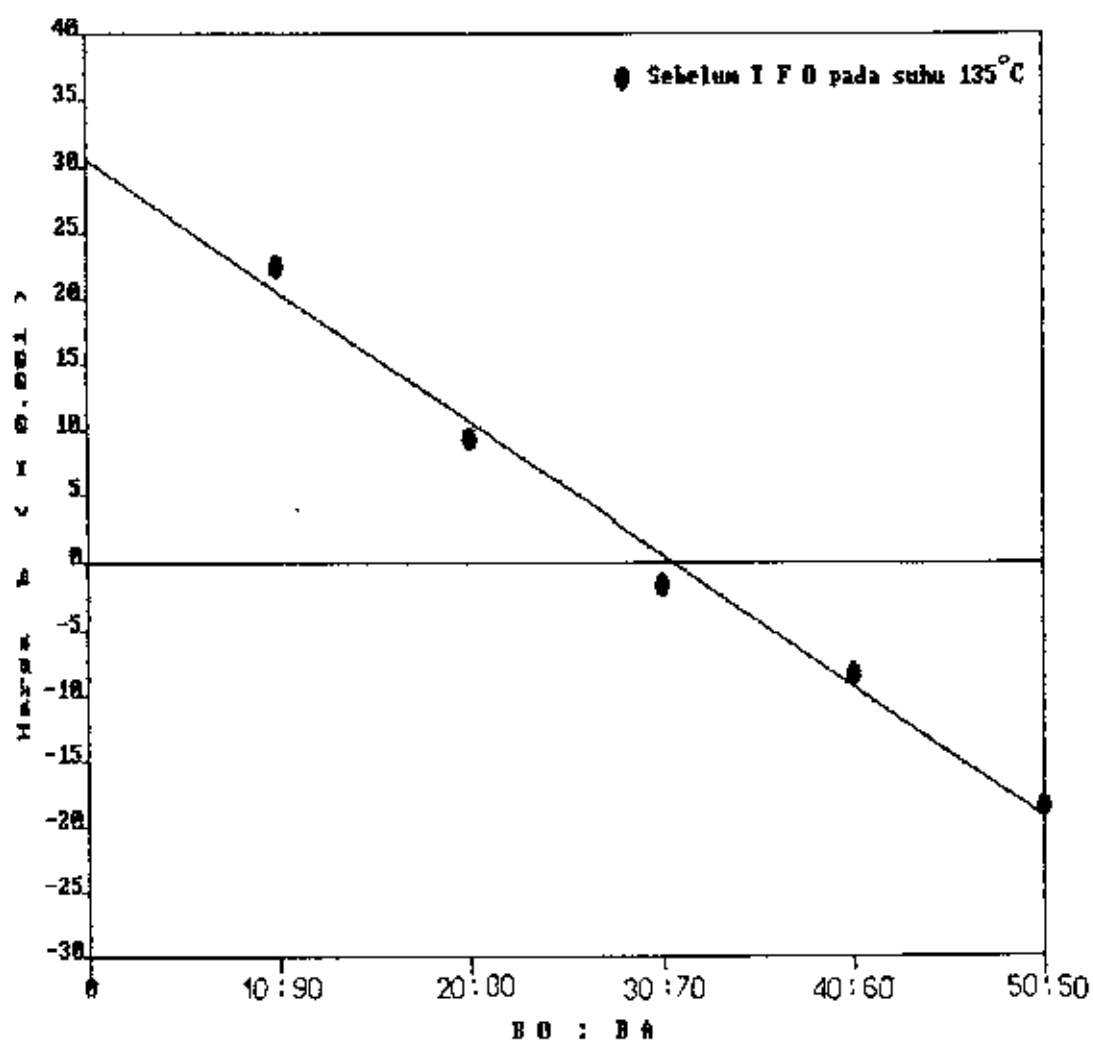
THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

(4.329E+01) + (-1.505E+00)*X
THE VARIANCE - 3.121E+00

Gambar 5.18 Grafik harga b terhadap $BO-BA$
pada $t = 90^\circ C$, setelah TFO



Gambar 5.19 Grafik harga b terhadap $BO-BA$
pada $t = 135^{\circ}C$, sebelum TFD

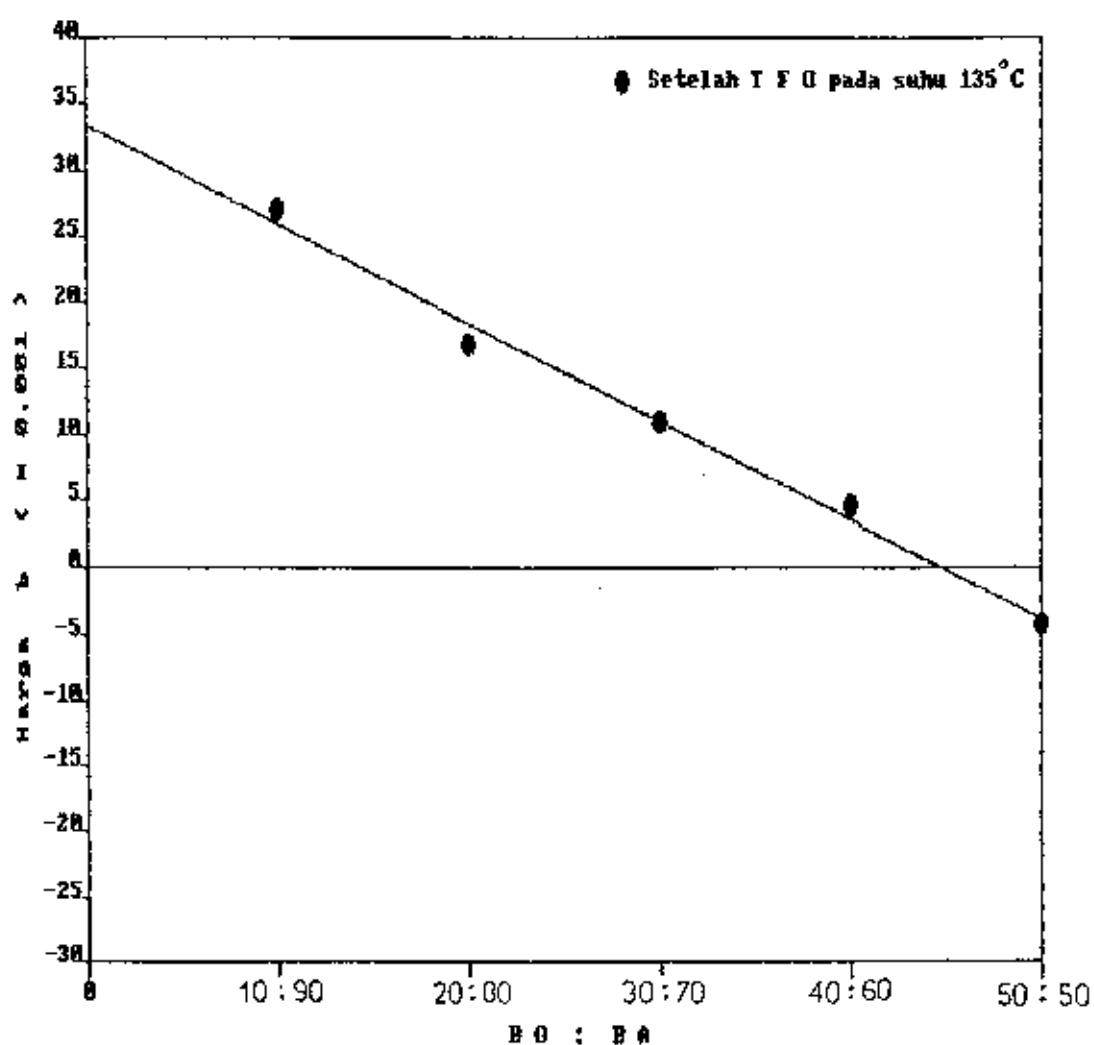


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(3.045E+01) + (-9.941E-01)*X$$

THE VARIANCE - 2.423E+00

Gambar 5.20 Grafik harga b terhadap BO-BA pada $t = 135^{\circ}\text{C}$, setelah TFO



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(3.350\text{E}+01) + (-7.491\text{E}-01)*X$$

THE VARIANCE - 1.068\text{E}+00

- setelah TFO pada $t = 135^{\circ}\text{C}$

$$V = 3.0232 e^{bX}$$

$$b = 33.50 - 0.749 X$$

dimana :

V = viscositas dalam poise

$$e = 2.718281828$$

$x = B0 + BA$ dalam %

$x = B0 : BA$ dalam %

Catatan :

Hasil b yang didapat harus dikalikan 0.001

Contoh :

Untuk sample 10.90-30.70 pada $T = 90^{\circ}\text{C}$ sebelum TFO

$$b = 43.29 - 1.505 * 10$$

$$= 28.24$$

$$b = 28.24 * 0.001$$

$$V = 56.5 e^{0.02824 * 30}$$

$$= 131.82 \text{ poises}$$

Dari tabel 4.7 B hasil yang didapatkan adalah 127.16 poises, perbedaan hasil tersebut disebabkan oleh faktor-faktor sebagai berikut :

- Dalam mencari persamaan digunakan regresi sehingga hasilnya tidak tepat benar.
- Kesalahan dalam pembulatan harga-harga a dan b

5.4 PERUMUSAN VISCOSITAS

$$V = a e^{bp}$$

dimana :

a = harga viscositas asmin yang dicampur

fungsi dari : - temperatur

- sebelum & setelah ageing

p = % kadar unsur gabungan BO + BA dalam campuran BO + BA + Asmin

b = konstanta yang tergantung dari

$b = m + nq$

q = % kadar BO dalam campuran BO + BA

m & n = tergantung dari : - temperatur

- sebelum & setelah ageing

untuk $p = 100\% = 1$

$$V = a e^b$$

dimana V = viscositas BO + BA = $V_{BO+BA} = V_{BOBA}$

$$V_{BOBA} = a e^b$$

$$\ln V_{BOBA} = \ln a + b$$

$$b = \ln \frac{V_{BOBA}}{a} = \ln \frac{V_{BOBA}}{V_{Asmin}}$$

V_{BOBA} tergantung - q

- temperatur

- sebelum & setelah ageing

$$V_{BOBA} = r e^{sq}$$

r = harga viscositas BO saja

q = % kadar BA dalam campuran (BO + BA)

Untuk q = 100 % = 1

$$V_{BOBA} = V_{BA} = r e^s$$

$$\ln V_{BA} = \ln V_{BO} + s$$

$$s = \frac{\ln V_{BA}}{\ln V_{BO}}$$

$$V_{BOBA} = V_{BO} e^{q \ln \frac{V_{BA}}{V_{BO}}}$$

$$\ln V_{BOBA} = \ln V_{BO} + q \ln \frac{V_{BA}}{V_{BO}}$$

$$\ln \frac{V_{BOBA}}{V_{BO}} = q \ln \frac{V_{BA}}{V_{BO}}$$

$$\ln V_{BOBA} = \ln V_{BO} + q \ln \frac{V_{BA}}{V_{BO}}$$

$$\ln \frac{V_{BOBA}}{V_{ASM\acute{I}N}} = \ln \frac{V_{BO}}{V_{ASM\acute{I}N}} + q \ln \frac{V_{BA}}{V_{BO}}$$

$$V_{BOBA \text{ ASM\acute{I}N}} = V_{ASM\acute{I}N} e^{p \left(\ln \frac{V_{BO}}{V_{ASM\acute{I}N}} + q \ln \frac{V_{BA}}{V_{BO}} \right)}$$

$$V_{BDBA \text{ ASMIN}} = V_{ASMIN} e^{p \left(\ln \frac{V_{BQ}}{V_{ASMIN}} + q \ln \frac{V_{BA}}{V_{BQ}} \right)}$$

V_{BQ} , V_{BA} , dan V_{ASMIN} tergantung - temperatur
- sebelum dan

setelah ageing .

sehingga:

$$V_{BDBA \text{ ASMIN}}^t = V_{ASMIN}^t e^{p \left(\ln \frac{V_{BQ}^t}{V_{ASMIN}^t} + q \ln \frac{V_{BA}^t}{V_{BQ}^t} \right)}$$

Catatan :

Perumusan ini bisa dipakai untuk menentukan Viscositas bermacam-macam komposisi untuk suhu yang berbeda-beda, sebelum TFO maupun setelah TFO , dengan syarat :

- Viscositas dari B.Q , B.A , dan Asmin pada temperatur yang dikehendaki , sebelum dan setelah TFO diketahui.

dengan adanya asmin , penetrasi awal umur perkerasan naik.

Hasil seperti yang terlihat pada Tabel 4.9 adalah hasil dari pemeriksaan terhadap 2 jenis campuran yang berbeda yaitu :

- sample 30.70 dan
- sample 30.70.50.50.

terhadap 2 suhu mixing yang berbeda pula yaitu :

- $T = 100^{\circ}C$
- $T = 150^{\circ}C$

ternyata hasilnya tidak begitu jauh berbeda sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa suhu pencampuran (mixing) tidak mempengaruhi sifat-sifat bitumen, (dilihat dari segi viscositas dan penetrasinya) Walau sebetulnya oleh Petersen (1984) berdasar penelitiannya bahwa pemanasan diatas $130^{\circ}C$ sudah merubah sifat-sifat dari bitumen. Tetapi pendapat tersebut ternyata kurang benar dalam hal pencampuran disini.

5.3. ANALISA VISCOSITAS

Dari bermacam-macam campuran yang ada dapat dibuat gambar seperti terlihat pada Gambar 5.13

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

1. Dari grafik hubungan Viscositas dan Temperatur bisa dibuat suatu persamaan

$$V = a e^{bX}$$

dimana :

V = Viscositas dalam poise

e = Bilangan alam (2,718281828)

T = Temperatur dalam Celcius

a dan b = Konstanta yang tergantung komposisi campuran

2. Perbedaan temperatur pada waktu mixing ternyata tidak membuat asbuton berubah sifatnya, ditinjau dari segi penetrasi dan viscositanya , sebelum dan setelah TFO.
3. Dari hasil viscositas dari bermacam - macam benda uji untuk temperatur yang berbeda ternyata dapat ditarik suatu hubungan yaitu :

$$V = a e^{b X} \quad \text{dan} \quad b = c + m q$$

dimana :

V = Viscositas dalam poises

a = Konstanta yang tergantung dari
harga viscositas awal dari asmin

e = Bilangan alam (2,718281828)

b = Konstanta yang tergantung dari $EO : BA$

X = Variabel yang tergantung $EO + BA$

c = Konstanta yang tergantung dari
harga viscositas awal dari bitumen
asbuton

m = konstanta yang tergantung pada kadar
bitumen Asbuton

q = Variabel yang tergantung $EO : BA$

Untuk T yang berbeda dan kondisi yang berbeda
persamaan yang didapat juga berbeda.

- sebelum TFO pada $T = 90^{\circ} C$

$$V = 56.5 e^{b X}$$

$$b = 43.29 + 1.505 X$$

- sebelum TFO pada $T = 135^{\circ} C$

$$V = 2.7253 e^{b X}$$

$$b = 30.45 + 0.994 X$$

- setelah TFO pada $T = 90^{\circ}\text{C}$

$$V = 67.7724 e^{b \cdot X}$$

$$b = 44.08 - 0.998 X$$

- setelah TFO pada $T = 135^{\circ}\text{C}$

$$V = 3.0232 e^{b \cdot X}$$

$$b = 33.50 - 0.749 X$$

Catatan : Harga b harus dikalikan 0.001

4. Dari rumus-rumus diatas (point 3) bisa dibuat suatu rumus umum sbb:

$$V_{\text{CAMP}} = V_{\text{AsM}} e^{p \left(\ln \frac{V_{\text{B0}}}{V_{\text{AsM}}} + q \frac{V_{\text{BA}}}{V_{\text{B0}}} \right)}$$

Dengan syarat Viscositas B.O , B.A , Asmin sebelum dan setelah TFO , pada suhu yang dikehendaki diketahui ($p = \% \text{ B0} + \text{BA}$, $q = \% \text{ BA}$).

6.2 SARAN

1. Untuk mendapatkan berapa prosen kadar B.O yang paling optimum , harus dilakukan penelitian lanjutan dengan range yang lebih kecil , antara kadar B.O 30 % sampai kadar B.O 40 % , misalnya dengan range 2 . Sehingga yang perlu diteliti lebih lanjut adalah pada kadar B.O 32% , 34% , 36% , dan 38% . Menurut penulis , yang perlu diteliti lebih lanjut adalah penetrasinya saja. Sebab untuk Viscositas sudah ada perumusannya.

2. Hasil dari penelitian ini tidak bisa langsung diterapkan di lapangan sebab dalam laboratorium yang digunakan adalah hasil ekstraksi asbuton, sedang di lapangan adalah asbutonnya, perlu diadakan penelitian lanjutan yang menggunakan asbuton untuk mendapatkan hasil yang betul-betul diharapkan.

3. Disarankan untuk meneliti viscositas B.O, B.A, dan Asmin untuk 3 (tiga) temperatur yang berbeda, sebelum dan setelah TFO sehingga bisa dibuat suatu persamaan :

$$V = C e^{\frac{T}{d}}$$

dimana:

V = viscositas masing-masing jenis

e = bilangan alam (2.718281828)

T = Temperatur $^{\circ}C$

d = kemiringan

C = Konstanta yang tergantung dari

- jenis bahan (B.O, B.A, Asmin)

- sebelum dan setelah TFO

Sehingga perumusan seperti pada kesimpulan 4 betul-betul efektif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bina Marga, 1983 , "Perencanaan Dan Batasan-batasan Campuran Hot Rolled Sheet di Indonesia ", Rekomendasi Pendahuluan Berdasarkan Percobaan di Semarang, Direktorat Jendral Bina Marga , Departemen Pekerjaan Umum.
2. Central Laboratory Report No 85, 1986 in, " Viscositas Grading Of Bitumen Sample ".
3. Corne C P dan Soehartono, 1988 , " Pemanfaatan Aspal Alam dari Pulau Buton Untuk Perkerasan Jalan ".
4. James ,E.M , " Dense Graded Cold Mix Design Using Indonesian Natural Rock Asphalt " , Proceedings 14th ARRB Conference , Part B.
5. Mochtar, dkk, 1988 " Studi Penentuan Modifier dan Metoda Pencampuran ACAS (Aggegated Cold Asbuton) sebagai bahan perkerasan jalan setara aspal beton".
6. Mulyadi ,E. , 1982 , " Perilaku Asbuton Campuran Dingin Pada Beberapa Lokasi Jalan Percobaan ", Proceedings of The Developments in Highway and Transportation Technology , Bandung.

7. Nurdin Irman, 1987 , " Penggunaan Bitumen Asbuton sebagai Additive untuk peningkatan mutu aspal minyak mutu penetrasi 80 " .
8. Petersen , J.C , 1984 , " Chemical Composition of Asphalt as Related to Asphalt Durability - State of The Art " , Proceedings at the 63rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington ,D.C , January 16 - 20 , 1984.
9. Sarana Karya, PT , 1986 , " Asbuton " , Brosur Ilmiah
10. Suroso W Tjitjik 1987 " Pelapukan (Ageing) asmin pada perkerasan jalan " , Proceedings dari Konperensi Tahunan Teknik Jalan ke-3 , Bandung , Nopember 1987, Vol .5 , hal 139-153.
11. Syahrani , N . dan Nugroho , B. , 1987 , " Studi Peninjauan Penggunaan Aggregated - Asbuton Campuran Dingin Dengan Kerosene Untuk Perkerasan Jalan " , Laporan Tugas Akhir - Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
12. Tjitjik ,S. dan Sastramiharja, R., 1982 , " Karakteristik Bitumen Asbuton " , Proceedings dari Konperensi Tahunan Teknik Jalan ke - 1 , Bandung , hal 4-1 sampai 4-18.

L A M P I R A N 1

DATA HASIL TEST VISCOSITAS

VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78.

DATE :

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPLE 10:30 SEBELUM TFO

[illegible]

C Q C M U
VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY :

DATE :

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPLE 20:80 SEBELUM TFO

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP/sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP/Sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP/Sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
20.80 (1)	10	90	191.3	103.09	19721	55.9	362.09	20241	19981
	7	135	6.36	112.19	713.53	2.002	362.56	725.85	719.69
20.80 (2)	10	90	191.3	117.03	22388	55.9	402.89	22522	22455
	7	135	6.36	109.50	696	2.002	349.67	700	698
20.80-30.70 (1)	10	90	191.3	40.57	7761	55.9	139.34	7789	7775
	7	135	6.36	57.05	362.84	2.002	182.17	364.70	363.77
20.80-30.70 (2)	10	90	191.3	41.08	7859	55.9	140.8	7871	7865
	7	135	6.36	56.20	357.43	2.002	178.62	357.6	357.56

C Q C M U

VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY:

DATE : / /

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPLE 30:70 SEBELUM TFO

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP/sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP/SEC.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP/SEC.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
30.70 (1)	12	60	2100	28.73	60333	612	98.36	60196	60265
	9	90	56.6	63.79	3611	18.85	191.59	3611	3611
	6	135	1.620	155.28	252	0.495	521.19	258	255
30.70 (2)	12	60	2100	28.24	59304	612	97.03	59382	59343
	9	90	52.2	69.29	3617	17.33	210.71	3652	3635
	6	135	1.669	149.93	250	0.509	502.54	256	253
30.70 - 30.70 (1)	9	90	52.2	94.09	4912	17.33	286.34	4962	4937
	6	135	1.620	164.76	266.91	0.495	542.47	268.52	267.71
30.70 - 30.70 (2)	9	90	56.6	86.84	4915	18.85	260.91	4918	4917
	6	135	1.669	155.69	259.85	0.509	510.73	259.96	259.91

C Q C M U

VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :
MATERIALS :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,
1 P-222/68

TEST BY :
DATE : / /

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP/sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP/sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP/sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
30.70 - 50.50 (1)	12	60	2100	29.43	61803	612	100.36	61420	61612
	9	90	52.2	70.73	3692	17.33	213.89	3707	3700
	6	135	1.620	159.41	258	0.495	522.30	259	259
30.70 - 50.50 (2)	12	60	2100	30.17	63567	612	103.34	63249	63406
	9	90	56.6	70.17	3972	18.85	212.21	4000	3986
	6	135	1.620	162.65	263	0.495	533.31	264	264
30.70 - 70.30 (1)	10	90	191.3	23.72	4538	55.9	81.11	4534	4536
	6	135	1.620	160.77	260	0.495	525.26	260	260
30.70 - 70.30 (2)	9	90	52.2	87.82	4584	17.33	265.25	4597	4591
	6	135	1.669	160.59	268	0.509	533.94	272	270

C Q C M U

VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY:

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SEBELUM TFO IP-222/68

DATE :

PADA SUHU MIXING 100 C DAN 150 C

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP / sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP / SEC.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP / SEC.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
30.70 - 100°C	10	90	200.8	21.21	4.259	57.1	74.62	4161	4260
	6	135	1.620	154.76	250.71	0.495	500.02	247.51	249.11
30.70 - 150°C	9	90	51.2	82.53	4308	17.33	248.69	4310	4309
	6	135	1.669	150.33	250.9	0.509	443.77	251.33	251.12
30.70-50.50 - 100°C	9	90	56.6	67.37	3813	18.85	202.45	3816	3815
	6	135	1.620	144.68	234.38	0.495	473.49	234.38	234.38
30.70-50.50 - 150°C	9	90	56.6	68.79	3894	18.85	202.73	3821	3858
	6	135	1.669	137.81	230	0.509	453.83	231	230.5

C Q C M U

VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY:

DATE : / /

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPLE 40:60 SEBELUM TFO

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP/sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP/SEC.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP/SEC.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
40.60	10	60	200.8	106.46	21371	57.1	374.17	21365	21368
	8	90	21.63	74.87	1619	6.81	230.82	1572	1596
	6	135	1.620	85.13	137.91	0.495	285.06	141.1	139.5
40.60 - 30.70	9	90	51.2	65.56	3422	17.53	196.79	3410	3416
	6	135	1.620	119.07	192.89	0.495	389.58	192.84	192.87
40.60 - 50.50	8	90	21.63	108.76	2353	6.81	398.49	2714	2534
	6	135	1.620	102.27	166.52	0.495	346.57	171.55	168.54
40.60 - 70.30	10	60	200.8	138.89	27889	57.1	481.47	27492	27691
	8	90	16.99	112.13	1905	5.50	348.85	1919	1912
	6	135	1.669	87.55	149.12	0.509	302.26	153.87	150

C Q C M U
VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY:

DATE :

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPLE 50:50 SEBELUM TFO

S A M P L E	T U B E N O.	T E M P ° C	B U L B - B			B U L B - C			AVERAGE VISCOSITY cP / sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
50.50	10	60	200.8	21.63	4343	57.1	75.15	4191	4317
	8	90	16.99	27.48	467	5.50	85.45	470	469
	6	135	1.610	35.90	58	0.495	118.08	58	58
50.50 - 30.70	10	60	191.3	158.03	30231	55.9	541.83	30288	30260
	8	90	21.63	94.96	2054	6.81	301.62	2054	2054
	6	135	1.669	88.64	148	0.509	291.52	148	148
50.50 - 50.50	12	60	200.8	80.29	16122	57.1	283.15	16168	16145
	8	90	16.99	70.89	7104	5.50	219.53	1107	1206
	6	135	1.620	66.59	108	0.495	217.43	108	108
50.50 - 70.30	9	60	52.2	166.01	8666	17.33	500.38	8672	8669
	8	90	21.63	38.62	835.35	6.81	123.02	837.77	836.56
	6	135	1.669	49.35	81.37	0.509	163.31	83.12	81.75

C Q C M U
VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT .

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY:

DATE :

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPEL 10:30 SETELAH TFO

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP / sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
10.90	12	90	2100	113.23	258783	612	428	216936	260360
(TFO)	9	135	52.2	79.08	4128	17.33	239.78	4155	4142
10.90 - 30.70	10	90	200.8	97.61	19600	57.1	344.06	19646	19623
(TFO)	8	135	16.99	36.54	620.82	5.50	113.35	623.43	622.13
10.90 - 50.50	11	90	600	70.69	42414	203.4	208.54	42418	4216
(TFO)	8	135	16.99	61.64	1064	5.50	193.13	1062	1063
10.90 - 70.30	12	90	2100	38.79	81459	612	133.78	81873	81666
	9	135	52.2	35.01	1828	17.33	105.56	1829	1829

C Q C M U
VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY:

DATE :

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPLE 20:80 SETELAH TFO

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP / sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
20.80	11	90	600	97.34	58404	203.4	288.38	58657	58521
(TFO . 1)	8	135	16.99	96.57	1641	5.50	300.79	1654	1648
20.80	11	90	600	108.45	65070	203.4	321.78	65450	65260
(TFO . 2)	8	135	21.63	76.94	1664	6.81	263.27	1725	1695
20.80 - 30.70	10	90	200.8	64.17	12885	57.1	225.5	12876	12881
(TFO . 1)	7	135	16.99	18.69	487.44	5.50	89.73	493.52	490.5
20.80 - 30.70	10	90	200.8	62.67	12584	57.1	221.42	12643	12614
(TFO . 2)	7	135	21.63	22.29	482	6.81	72.44	493	488

C Q C M U

VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :
MATERIALS :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,
IP-222/68

TEST BY :
DATE : / /

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP/sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP/Sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP/SEC.)	FILL TIME (SEC.)	VISCOSITY (cP)	
20.80 - 50.50	11	90	600	37.05	22230	203.4	110.14	22403	22317
(TFO . 1)	8	135	21.63	34.10	737.58	6.81	107.82	734.25	735.92
20.80 - 50.50	11	90	600	38.04	22824	203.4	111.56	22691	22758
(TFO . 2)	8	135	16.99	43.46	738.39	5.50	133.82	736.01	737.2
20.80 - 70.30	11	90	600	56.63	33978	203.4	168.02	34175	34077
(TFO . 1)	8	135	21.63	48.91	1058	6.81	156.09	1063	1061
20.80 - 70.30	11	90	600	54.01	32406	203.4	160.53	32652	32529
(TFO . 2)	8	135	21.63	47.09	1019	6.81	150.0	1022	1021

C Q C M U

VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY:

DATE : / /

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPLE 30:70 SETELAH TFO

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP / sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
30.70	10	90	200.8	95.03	19081	57.1	337.3	19260	19171
(TFO. 1)	8	135	16.99	45.13	766.76	5.50	140.25	771.38	769.07
30.70	10	90	191.3	108.49	20754	55.9	379.56	21217	20986
(TFO. 2)	8	135	21.63	35.33	764.19	6.81	111.65	760.34	762.27
30.70 - 30.70	10	90	191.3	36.58	6998	55.9	125.04	6990	6994
	8	135	21.63	122.00	2639	6.81	386.05	2629	2634
30.70 - 50.50	10	90	200.8	66.46	13345	57.1	235.41	13442	13394
	8	135	16.99	28.94	191.69	5.50	88.71	417.90	489.80
30.70 - 70.50	10	90	191.3	101.11	19342	55.9	380.76	19607	19475
	8	135	21.63	27.78	600.88	6.81	87.63	596.76	598.82

C Q C M U

VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-79,

TEST BY :

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SETELAH TFO 1P-222/88

DATE : / /

FADA SUHU MIXING 100 C DAN 150 C

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP / sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP / sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
30.70 - 100°C	10	90	200.8	109.83	22054	57.1	392.94	22437	22246
(TFO)	8	135	21.63	39.15	846.81	6.81	126.16	859.15	852.98
30.70 - 150°C	10	90	191.3	110.23	21087	55.9	382.47	21380	21234
(TFO)	8	135	16.99	47.43	805.84	5.50	147.19	809.55	807.70
30.70-50.50 - 100°C	10	90	200.8	59.70	10984	57.1	394.41	11101	11043
(TFO)	8	135	21.63	21.13	459.20	6.81	67.71	461.11	460.16
30.70-50.50 - 150°C	10	90	200.8	60.01	12050	57.1	211.09	12053	12052
(TFO)	7	135	6.36	74.88	476	2.002	241.19	483	480

C Q C M U
VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY:

DATE : / /

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPLE 40:60 SETELAH TFO

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP/sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP/sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP/sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
40.60	10	90	200.8	52.19	10480	57.1	197.68	11287	10884
(TFO)	8	135	16.44	19.52	501.54	5.50	90.26	496.43	499
40.60 - 50.70	10	90	191.3	41.27	7895	55.9	142.86	7986	7941
(TFO)	7	135	6.36	55.47	352.79	2.002	185.73	371.83	362.31
40.60 - 60.50	10	90	191.3	43.38	8199	55.9	149.88	8378	8339
(TFO)	8	135	21.63	17.81	385.23	6.81	56.78	386.67	385.95
40.60 - 70.30	10	90	200.8	49.95	10030	57.1	175.9	10044	10037
(TFO)	8	135	16.99	26.05	441.6	5.50	81.05	445.78	444.19

C Q C M U
VISCOSITY BY VACUUM CAPILLARY VISCOMETER

PROJECT :

AASHTO.T-202-80, ASTM.T-2171-78,

TEST BY:

DATE : / /

DATA HASIL TEST VISCOSITAS SAMPLE 50:50 SETELAH TFO

S A M P L E	TUBE NO.	TEMP. °C	BULB - B			BULB - C			AVERAGE VISCOSITY cP/sec.
			CALIBRATION FACTOR (cP/sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	CALIBRATION FACTOR (cP/sec.)	FILL TIME (sec.)	VISCOSITY (cP)	
50.50	9	90	56.6	85.61	4846	18.85	256.55	4836	4841
(TFO)	6	135	1.610	147.22	238	0.495	480.8	238	238
50.50 - 30.70	10	90	191.3	28.47	5446	55.9	98.00	5478	5462
(TFO)	7	135	6.36	62.80	418.49	2.002	209.07	418.56	418.53
50.50 - 50.50	9	90	52.1	91.96	4800	7.33	278.04	4818	4809
(TFO)	6	135	1.669	158.37	264	0.509	517.93	264	264
50.50 - 70.30	9	90	56.6	80.71	4568	18.85	243.39	4588	4578
(TFO)	6	135	1.669	129.42	216	0.509	416.5	212	219

L A M P I R A N 2

DATA HASIL LOST ON HEATING

LOSS ON HEATING
BY THIN FILM OVEN TEST

120

Project : _____ Date : _____
Materials : _____ Test by : _____

DATA HASIL LOST ON HEATING SAMPLE 10:90

No. Sample	10.90	10.90-30.70	10.90-50.50	10.90-70.30		
No. of Pan						
Weight of Pan	70.82	69.17	69.67	69.86		
Weight Sample + Pan Before	140.84	140.00	139.71	140.59		
Weight Sample + Pan After	139.45	139.40	138.77	139.47		
Weight Sample Before	70.02	70.83	70.04	70.73		
Weight of Loss	1.39	0.6	0.94	1.12		
Percent of Loss	2.0	0.8	1.3	1.6		

No. Sample						
No. of Pan						
Weight of Pan						
Weight Sample + Pan Before						
Weight Sample + Pan After						
Weight Sample Before						
Weight of Loss						
Percent of Loss						

LOSS ON HEATING
BY THIN FILM OVEN TEST

121

Project : _____ Date : _____
Materials : _____ Test by : _____

DATA HASIL LOST ON HEATING SAMPLE 20:80

No. Sample	20.80		20.80 - 30.70		20.80 - 50.50	
No. of Pan	1	2	1	2	1	2
Weight of Pan	69.52	69.66	70.54	69.13	69.70	69.07
Weight Sample + Pan Before	140.07	139.17	141.13	139.89	139.18	141.20
Weight Sample + Pan After	137.46	136.61	140.31	139.08	137.62	139.62
Weight Sample Before	70.55	69.51	70.59	70.76	69.48	72.13
Weight of Loss	2.61	2.56	0.82	0.81	1.56	1.58
Percent of Loss	3.699	3.68	1.16	1.14	2.24	2.19

No. Sample	20.80 - 70.30					
No. of Pan	1	2				
Weight of Pan	69.63	70.64				
Weight Sample + Pan Before	139.57	143.05				
Weight Sample + Pan After	137.52	140.92				
Weight Sample Before	69.94	72.41				
Weight of Loss	2.05	2.13				
Percent of Loss	2.93	2.94				

LOSS ON HEATING
BY THIN FILM OVEN TEST

122

Project : _____ Date : _____
Materials : _____ Test by : _____

DATA HASIL LOSS ON HEATING SAMPLE 30:70

No. Sample	30.70		30.70-30.70		30.70-50.50	30.70-70.30
No. of Pan	1	2	1	2	-	-
Weight of Pan	70.84	69.93	69.21	69.64	70.16	69.28
Weight Sample + Pan Before	141.19	140.76	140.95	142.20	139.68	139.16
Weight Sample + Pan After	137.06	136.58	139.66	140.96	137.67	136.22
Weight Sample Before	70.35	70.83	71.74	72.56	69.52	69.88
Weight of Loss	4.13	4.18	1.29	1.24	2.01	2.94
Percent of Loss	5.9	5.9	1.8	1.71	2.89	4.21

No. Sample					
No. of Pan					
Weight of Pan					
Weight Sample + Pan Before					
Weight Sample + Pan After					
Weight Sample Before					
Weight of Loss					
Percent of Loss					

LOSS ON HEATING
BY THIN FILM OVEN TEST

123

Project : _____ Date : _____
Materials : _____ Test by : _____

DATA HASIL LOST ON HEATING SAMPLE 30:70
PADA SUHU MIXING 100 C DAN 150 C

$T = 100^{\circ}\text{C}$

No. Sample	30.70	30.70 - 50.50		
No. of Pan				
Weight of Pan	69.69	69.57		
Weight Sample + Pan Before	138.57	139.17		
Weight Sample + Pan After	134.72	137.24		
Weight Sample Before	68.88	69.6		
Weight of Loss	3.85	1.93		
Percent of Loss	5.6	2.80		

$T = 150^{\circ}\text{C}$

No. Sample	30.70	30.70 - 50.50		
No. of Pan	-	-		
Weight of Pan	69.18	70.46		
Weight Sample + Pan Before	139.42	140.85		
Weight Sample + Pan After	135.61	138.73		
Weight Sample Before	70.24	70.39		
Weight of Loss	3.81	2.12		
Percent of Loss	5.4	3.0		

LOSS ON HEATING
BY THIN FILM OVEN TEST

124

Project : _____ Date : _____
Materials : _____ Test by : _____

DATA HASIL LOST ON HEATING SAMPLE 40:60

No. Sample	40:60	40.60-50.70	40.60-50.50	40.60-70.30		
No. of Pan	-	-	-	-		
Weight of Pan	70.81	69.81	69.80	69.22		
Weight Sample + Pan Before	138.73	139.65	139.50	140.97		
Weight Sample + Pan After	134.75	137.80	136.49	134.63		
Weight Sample Before	69.92	69.84	69.7	71.75		
Weight of Loss	3.98	1.85	3.01	6.34		
Percent of Loss	5.86	2.65	4.32	8.84		

No. Sample						
No. of Pan						
Weight of Pan						
Weight Sample + Pan Before						
Weight Sample + Pan After						
Weight Sample Before						
Weight of Loss						
Percent of Loss						

LOSS ON HEATING
BY THIN FILM OVEN TEST

125

Project : _____ Date : _____
Materials : _____ Test by : _____

DATA HASIL LOST ON HEATING SAMPLE 50:50

No. Sample	50:50	50.50-30.70	50.50-50.50	50.50-70.30		
No. of Pan	-	-	-	-		
Weight of Pan	69.76	69.17	70.61	71.18		
Weight Sample + Pan Before	140.95	139.43	141.04	140.50		
Weight Sample + Pan After	132.37	136.9	136.64	134.98		
Weight Sample Before	71.19	70.26	70.43	69.32		
Weight of Loss	8.58	2.53	4.4	5.52		
Percent of Loss	12.05	3.6	6.25	7.96		

No. Sample						
No. of Pan						
Weight of Pan						
Weight Sample + Pan Before						
Weight Sample + Pan After						
Weight Sample Before						
Weight of Loss						
Percent of Loss						

L A M P I R A N 3

DATA HASIL a DAN b UNTUK $T = 90^{\circ}\text{C}$

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 10:30 SEBELUM TFO

JUMLAH DATA = 5

TURUNAN I				
x	y	dA	dB	r
0	58.7	1	0	-3.578701
30	127.16	2.406518	3979.512	5.490395
50	243.26	4.32164	11910.72	-5.045578
70	425.54	7.760827	29945.08	2.246887
100	1029.76	18.67657	102947.7	-.2830811

SUM \$

SA= 434.5127	SB= 1.165264E+10
T1=-2.042151E-02	T2=-106.7031
AB= 2216159	

HARGA AWAL

Ao = 55.1213	Bo = .0292727
--------------	---------------

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 55.1213	Bo' = .0292727
---------------	----------------

-----ERROR -----

ERR(1)=-9.833368E-06

ERR(2)=-7.286833E-09

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 55.12131	B = 2.927271E-02
--------------	------------------

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 20:80 SEBELUM TFO

JUMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	58.7	1	0	-4.772003
30	78.2	1.504208	2433.568	2.918945
50	108.05	1.974755	5324.73	-1.555397
70	135.65	2.592499	9786.579	4.15828
100	212.18	3.899658	21030.08	-1.879242

SUM \$

SA= 29.09069	SB= 5.723163E+08
T1=-8.955002E-04	T2=-3.890625
AB= 121557.4	

HARGA AWAL

A₀ = 53.928 B₀ = 1.360889E-02

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

A₀' = 53.928 B₀' = 1.360889E-02

-----ERROR -----

ERR(1)=-2.113069E-05

ERR(2)=-2.309968E-09

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 53.92802 B = 1.360889E-02

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 30:70 SEBELUM TFO

JUMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	58.7	1	0	-.8999977
30	49.27	.8529204	1478.964	2.880097E-02
50	42.85	.7670921	2216.896	1.487923
70	38.37	.6899005	2791.338	1.506252
100	36.23	.5884302	3401.127	-2.218735

SUM \$

SA= 3.138116	SB= 2.646119E+07
T1=-4.655123E-04	T2=-.5737305
AB= 6889.073	

HARGA AWAL

A₀ = 57.8 B₀ = -5.30297E-03

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

A₀' = 57.8 B₀' = -5.30297E-03

-----ERROR-----

ERR(1) = -2.35126E-04

ERR(2) = 3.953221E-08

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 57.80024 B = -5.30301E-03

DATA HASIL α DAN b UNTUK SAMPLE 40:60 SEBELUM TFO

Jumlah DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	58.7	1	0	-1.236664
30	34.16	.6299864	1086.034	2.041122
50	25.34	.4629691	1330.187	1.263746
70	19.12	.3402302	1368.553	.4307614
100	15.96	.2143404	1231.671	-3.643287

SUM Σ

SA= 1.772922 SB= 6338819
 T1=-5.441904E-05 T2=-6.396485E-02
 AB= 2029.642

HARGA AWAL

Ao = 57.46334 Bo = -.0154019

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 57.46334 Bo' = -.0154019

-----ERROR-----

ERR(1)=-3.021959E-05

ERR(2)=-4.148873E-10

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 57.46337 B = -.0154019

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 50:50 SEBELUM TFO

JUMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	58.7	1	0	-.5057831
30	20.54	.3889414	679.0241	2.094139
50	12.06	.20724	603.0085	1.688004E-04
70	8.37	.1104239	449.8221	-1.943971
100	4.69	.0429484	249.9349	-2.190652

JUM \$

SA= 1.208262 SB= 1089500
 T1= 3.501773E-06 T2= .1116943
 AB= 449.4734

HARGA AWAL

Ao = 58.19422 Bo = -3.147756E-02

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 58.19422 Bo' = -3.147756E-02

-----ERROR -----

ERR(1) = -4.162732E-05

ERR(2) = 1.196922E-07

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 58.19426 B = -3.147768E-02

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 10:30 SETELAH TFO

JUMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	69.03	1	0	-8.048821
30	196.23	3.082611	5639.438	-8.248734
50	424.16	6.529268	19908.12	-25.9975
70	816.66	13.82962	59034.28	26.68683
100	2603.6	42.63135	259971	-3.890381

SUM \$

SA= 2061.824 SB= 7.149809E+10
 T1=-4.440308E-03 T2=-28.0625
 AB= 1.204671E+07

HARGA AWAL

Ao = 60.98118 Bo = .0375259

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 60.98118 Bo' = .0375259

-----ERROR -----

ERR(1)= 8.976738E-06
 ERR(2)=-1.904983E-09

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 60.98117 B = .0375259

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 20:80 SETELAH TFD

JUMLAH DATA = 5

TURUNAN I				
x	y	dA	dB	r
0	69.03	1	0	5.020607
30	127.48	1.893275	4205.944	12.71813
50	225.38	2.897495	10728.06	-10.81874
70	333.03	4.434368	22985.73	-4.662384
100	618.96	8.395475	62169.01	2.730103

SUM \$

SA= 103.1276	SB= 4.526111E+09
T1=-1.951218E-03	T2=-12.96875
AB= 662913.1	

HARGA AWAL

Ao = 74.05061	Bo = 2.127693E-02
---------------	-------------------

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 74.05061	Bo' = 2.127693E-02
----------------	--------------------

-----ERROR -----

ERR(1)=-8.577281E-06

ERR(2)=-1.609055E-09

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 74.05061	B = 2.127693E-02
--------------	------------------

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 30:70 SETELAH TFO

JMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	69.03	1	0	2.867909
30	69.94	1.395411	3009.815	30.38715
50	133.94	1.742491	6264.071	-8.658577
70	194.75	2.175899	10950.98	-38.30747
100	200.79	3.036274	21830.17	17.51172

SUM #

SA= 19.93694 SB= 6.44778E+08
 T1= 2.098084E-04 T2= 1.375
 AB= 105225.6

HARGA AWAL

Ao = 71.8979 Bo = 1.110631E-02

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 71.8979 Bo' = 1.110631E-02

-----ERROR -----

RR(1)=-5.276628E-06

RR(2)= 2.993645E-09

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 71.89791 B = 1.110631E-02

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 40:60 SETELAH TFD

UMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	69.03	1	0	-2.117241
30	74.4	1.16195	2332.478	3.349266
50	83.3	1.284238	4296.597	2.631928
70	100.37	1.419397	6648.304	-5.394226
100	108.84	1.649268	11035.71	1.517075

SUM \$

SA= 8.734169 SB= 1.89888E+08
 T1=-2.551079E-05 T2=-4.296875E-02
 AB= 35865.5

HARGA AWAL

Ao = 66.91276 Bo = 5.003316E-03

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 66.91276 Bo' = 5.003316E-03

-----ERROR -----

ERR(1)=-8.875E-06

ERR(2)= 1.45E-09

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 66.91276 B = 5.003315E-03

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 50:50 SETELAH TFO

UMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	69.03	1	0	-4.010079
30	54.62	.8805236	1717.547	2.631573
50	48.09	.8089126	2629.772	4.505436
70	45.78	.7431258	3382.258	2.537979
100	48.41	.6543398	4254.512	-5.864884

UM \$

SA= 3.410058 SB= 3.940621E+07
 T1=-1.192093E-06 T2= 3.90625E-03
 AB= 8936.936

HARGA AWAL

Ao = 65.01992 Bo = -4.241286E-03

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 65.01992 Bo' = -4.241286E-03

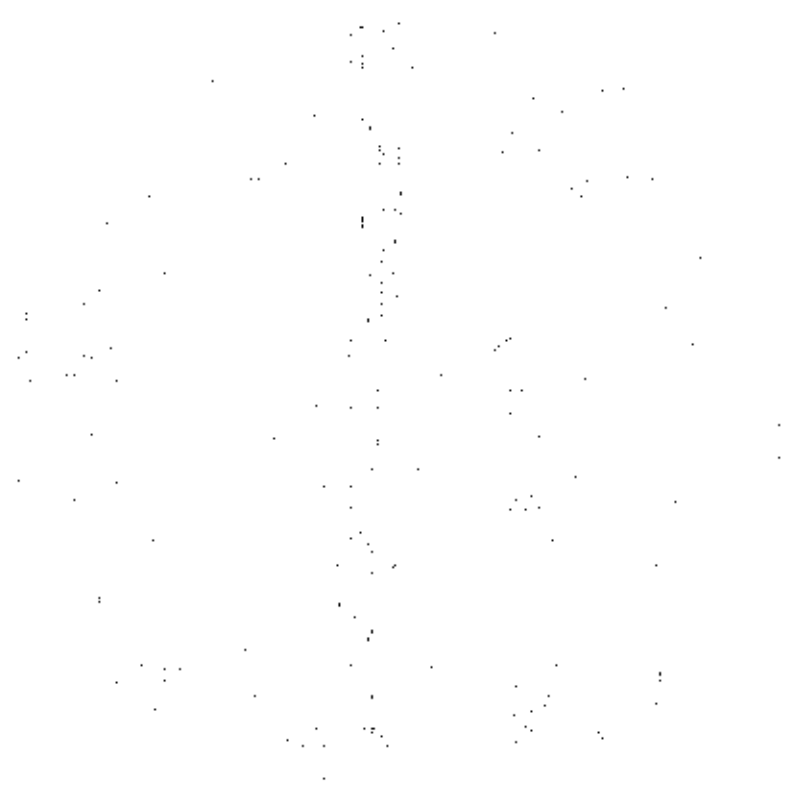
-----ERROR -----

ERR(1)=-1.502253E-06

ERR(2)= 4.39824E-10

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 65.01992 B = -4.241286E-03



L A M P I R A N 4

DATA HASIL α DAN β UNTUK $T = 135^{\circ}\text{C}$

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 10:90 SEBELUM TFO

JUMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	2.88	1	0	-.446652
30	4.78	1.958452	142.9678	-1.440573E-02
50	7.35	3.065642	372.9887	.1097732
70	11.47	4.798772	817.3956	.2070808
100	22.96	9.398161	2286.9	-9.100342E-02

SUM #

SA= 125.5873	SB= 6057605
T1= 1.291633E-04	T2= 3.588867E-02
AB= 26838.59	

HARGA AWAL

A ₀ = 2.433348	B ₀ = 2.240514E-02
---------------------------	-------------------------------

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

A ₀ ' = 2.433348	B ₀ ' = 2.240514E-02
-----------------------------	---------------------------------

-----ERROR -----

ERR(1)=-4.469406E-06

ERR(2)= 2.572654E-08

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 2.433353	B = 2.240512E-02
--------------	------------------

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 20:80 SEBELUM TFO

UMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	2.88	1	0	-2.909303E-02
30	3.61	1.321023	112.9834	.1561132
50	4.44	1.59044	226.7098	9.419536E-02
70	5.79	1.914803	382.1247	-.3310752
100	7.09	2.529499	721.1365	.1213651

SUM \$

SA= 15.33943	SB= 730219.8
T1=-2.920628E-06	T2= 1.968384E-03
AB= 3065.629	

HARGA AWAL

Ao = 2.850907	Bo = 9.28021E-03
---------------	------------------

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 2.850907	Bo' = 9.28021E-03
----------------	-------------------

-----ERROR -----

ERR(1)=-4.529502E-06

ERR(2)= 2.171149E-08

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 2.850912	B = 9.280188E-03
--------------	------------------

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 30:70 SEBELUM TFO

Jumlah DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	2.88	1	0	-8.986401E-02
30	2.64	.9523052	79.71183	.017061
50	2.5	.9217792	128.5945	.0718894
70	2.32	.8922318	174.2614	.1694479
100	2.54	.8496769	237.0714	-.169286

SUM #

SA= 4.274591 SB= 109460.4
 T1=-2.220273E-06 T2=-1.068115E-04
 AB= 551.3613

HARGA AWAL

Ao = 2.790136 Bo = -1.628991E-03

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 2.790136 Bo' = -1.628991E-03

-----ERROR-----

ERR(1)=-1.123498E-06
 ERR(2)= 4.683356E-09

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 2.790137 B = -1.628996E-03

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 40:60 SEBELUM TFO

JUMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	2.88	1	0	-.1481619
30	1.93	.7778678	63.75027	.1950089
50	1.68	.6579249	89.86721	.1173443
70	1.5	.5564765	106.4143	2.020371E-02
100	1.395	.4328652	118.2518	-.2124827

SUM #

SA= 2.534982	SB= 37447.68
T1=-5.215407E-07	T2= 7.82013E-04
AB= 219.1193	

HARGA AWAL

Ao = 2.731838	Ba = -8.37329E-03
---------------	-------------------

HARGA SETLH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 2.731838	Ba' = -8.37329E-03
----------------	--------------------

-----ERROR -----

ERR(1)=-4.06865E-06

ERR(2)= 4.468988E-08

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 2.731842	B = -8.373335E-03
--------------	-------------------

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 50:50 SEBELUM TFO

JMLAH DATA = 5

TURUNAN 1

x	y	dA	dB	r
0	2.88	1	0	-5.975199E-02
30	1.48	.5745461	48.61087	.1403623
50	1.08	.397077	55.99278	3.985572E-02
70	.83	.2744256	54.17639	-5.605167E-02
100	.58	.1576702	44.4669	-.135331

UM \$

SA= 1.587943 SB= 10410.59
 T1=-1.301989E-06 T2= 3.356934E-04
 AB= 72.04111

HARGA AWAL

Ao = 2.820248 Bo = -.0184725

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 2.820248 Bo' = -.0184725

-----ERROR -----

ERR(1)=-3.327443E-06

ERR(2)= 5.527121E-08

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 2.820251 B = -1.847256E-02

ATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 10:30 SETELAH TFD

JMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	3.073	1	0	-.3086152
30	6.22	2.252015	186.7631	5.437374E-03
50	10.63	3.86918	534.7951	6.590176E-02
70	18.29	6.647623	1286.361	8.658981E-02
100	41.42	14.97055	4138.437	-3.563309E-02

SUM \$

SA= 289.3504 SB= 1.910227E+07
 T1= 7.851124E-04 T2= .1799316
 AB= 72995.73

HARGA AWAL

Ao = 2.764385 Bo = 2.706085E-02

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 2.764385 Bo' = 2.706085E-02

-----ERROR-----

ERR(1)= 9.368728E-06

ERR(2)=-2.638145E-08

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 2.764376 B = 2.706088E-02

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 20:80 SETELAH TFO

JMLAH DATA = 5

TURUNAN I				
x	y	dA	dB	r
0	3.073	1	0	4.958368E-02
30	4.89	1.657466	155.2673	.2855773
50	7.36	2.321353	362.431	-.1113811
70	10.41	3.251154	710.6401	-.2579985
100	16.72	5.388678	1682.66	.1065998

SUM \$

SA= 48.74373	SB= 3491818
T1= 2.861023E-06	T2= 3.051758E-05
AB= 12476.39	

HARGA AWAL

Ad = 3.122584	Bo = .016843
---------------	--------------

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ad' = 3.122584	Bo' = .016843
----------------	---------------

-----ERROR-----

ERR(1)= 6.607212E-07
ERR(2)=-2.352042E-09

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 3.122583	B = .016843
--------------	-------------

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 30:70 SETELAH TFO

JMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	3.073	1	0	-.4447172
30	2.63	1.385923	109.2779	1.012597
50	4.89	1.722787	226.3987	-.3620272
70	5.98	2.141531	393.9985	-.3514505
100	7.66	2.967996	780.0734	.1407337

SUM \$

SA= 19.28393 SB= 826947.3
 T1= 2.330542E-05 T2= 3.715515E-03
 AB= 3700.502

HARGA AWAL

Ao = 2.628283 Bo = 1.087887E-02

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 2.628283 Bo' = 1.087887E-02

-----ERROR -----

ERR(1)= 2.451345E-06

ERR(2)=-6.476463E-09

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 2.628281 B = 1.087888E-02

ATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 50:50 SETELAH TFD

JMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	3.073	1	0	.4659989
30	4.18	.8788133	93.30359	-1.06988
50	2.64	.8062958	142.674	.21348
70	2.14	.7397621	183.2612	.4780176
100	2.38	.6501128	230.0749	-7.925129E-02

UM \$

SA= 3.392321	SB= 115580.6
T1=-1.095235E-06	T2= 2.737045E-03
AB= 482.1782	

HARGA AWAL

A ₀ = 3.538999	B ₀ = -4.306094E-03
---------------------------	--------------------------------

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

A ₀ ' = 3.538999	B ₀ ' = -4.306094E-03
-----------------------------	----------------------------------

-----ERROR -----

ERR(1) = -9.06277E-06
ERR(2) = 6.148885E-08

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 3.539008	B = -4.306155E-03
--------------	-------------------

DATA HASIL a DAN b UNTUK SAMPLE 40:60 SETELAH TFD

JMLAH DATA = 5

TURUNAN I

x	y	dA	dB	r
0	3.073	1	0	-1.103711E-02
30	3.62	1.15032	105.6671	-9.776282E-02
50	3.86	1.262887	193.3456	6.912708E-03
70	4.04	1.386469	297.1722	.2053175
100	4.99	1.594883	488.3474	-.1065264

UM \$

SA= 8.384068	SB= 375342.6
T1= 3.561378E-06	T2=-9.918213E-04
AB= 1556.602	

HARGA AWAL

Ao = 3.061963	Bo = 4.668005E-03
---------------	-------------------

HARGA SETELAH ITERASI KE (N-1)

Ao' = 3.061963	Bo' = 4.668005E-03
----------------	--------------------

-----ERROR-----

RR(1)= 3.979354E-06

RR(2)=-1.914542E-08

HARGA PD ITERASI KE (N)

A = 3.061959	B = 4.668024E-03
--------------	------------------